



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0075142
(43) 공개일자 2022년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/08 (2006.01) A61B 5/107 (2006.01)
G06N 3/04 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01) G06T 7/10 (2021.01)
G06T 7/60 (2017.01) G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류

A61B 8/5223 (2013.01)
A61B 5/1075 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0163314

(22) 출원일자 2020년11월27일

심사청구일자 2020년11월27일

(71) 출원인

(의) 삼성의료재단

서울특별시 종로구 새문안로 29 (평동)

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

류승호

서울특별시 강남구 일원로14길 25, 111동 502호(일원동, 푸른마을아파트)

장유수

서울특별시 종로구 사직로8길 34, 12층 1207(아파트)호(내수동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔목특허법인

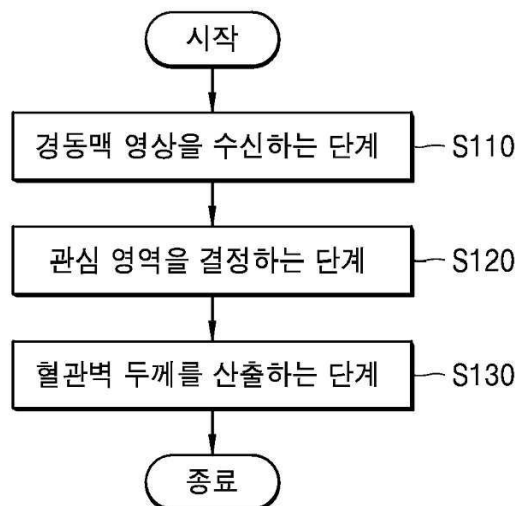
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예는 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 대상체의 경동맥 영상을 수신하는 단계, 상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 객체 검출 알고리즘을 이용하여 상기 경동맥 영상에서 측정해야 할 혈관벽을 포함하는 관심 영역을 결정하는 단계, 및 상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 상기 혈관벽의 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면을 검출하고, 거리 측정 알고리즘을 이용하여 상기 계면들 사이의 동맥의 내막-중막 두께를 산출하는 단계를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

A61B 8/0891 (2013.01)
G06N 3/0427 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
G06T 7/0012 (2013.01)
G06T 7/10 (2021.01)
G06T 7/60 (2013.01)
G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)

(72) 발명자

강정규

경기도 화성시 동탄반석로 42, 604동 3004호(반송동, 동탄나루마을 한화꿈에그린 우림필유)

윤남경

서울특별시 강북구 솔매로28길 15, 2층 우측(미아동)

오지연

경기도 동두천시 생연로 10, 107동 1302호(지행동, 현진에버빌)

송태경

서울특별시 종로구 평창문화로 156, 101동 703호(평창동, 평창동 롯데캐슬 로잔)

이건규

서울특별시 마포구 모래내로 5, 1606호(성산동)

이미란

서울특별시 강서구 양천로 507, 106동 303호(가양동, 강나루현대아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 대상체의 경동맥 영상을 수신하는 단계;

상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 객체 검출 알고리즘을 이용하여 상기 경동맥 영상에서 측정해야 할 혈관벽을 포함하는 관심 영역을 결정하는 단계; 및

상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 상기 혈관벽의 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면을 검출하고, 거리 측정 알고리즘을 이용하여 상기 계면들 사이의 혈관벽 두께를 산출하는 단계를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 객체 검출 알고리즘은, 미리 학습되어 삽입된 분류 인공지능망을 기초로 상기 관심 영역을 결정하고,

상기 분류 인공지능망은,

미리 저장된 경동맥 영상들 및 상기 경동맥 영상들의 특징을 추출하고, 상기 경동맥 영상들을 중간 총경동맥(Mid CCA), 원위 총경동맥(Distal CCA), 팽대부(Bulb) 및 내경동맥(ICA) 영상으로 분류하고,

상기 분류된 결과에 대한 품질을 평가하여, 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 가지도록 반복 학습된, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 관심 영역을 결정하는 단계는,

미리 학습되어 삽입된 상기 분류 인공지능망을 기초로 복수의 추천 영역들을 결정하는 단계;

상기 추천 영역들 각각의 상기 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하는 단계; 및

상기 추천 영역들과 상기 추천 영역들 각각의 상기 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정하는 단계를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 혈관벽 두께를 산출하는 단계는,

상기 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할하는 단계;

상기 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 세그멘테이션을 수행하는 단계;

상기 세그멘테이션된 결과를 이용하여 선형의 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 결정하는 단계; 및

상기 관내강-내막 계면 및 상기 중막-외막 계면 사이의 거리 측정 값인 상기 혈관벽 두께를 산출하는 단계를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

세그멘테이션을 수행하는 단계는,

분할된 상기 기준 단위 영역들에 대해서, 인코딩 시 사용된 맥스 풀링 인덱스들의 값을 디코딩 시 반영하여 픽셀 세그멘테이션을 수행하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 가중치 밸런싱(Weight Balancing)을 통하여 계면들에 가중치를 부여하여 학습하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

산출된 상기 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정하는 단계를 더 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법.

청구항 8

경동맥 영상을 수신하는 영상 수신부;

상기 경동맥 영상들을 중간 총경동맥, 원위 총경동맥, 팽대부 및 내경동맥 영상으로 분류하는 영상 분류부;

상기 경동맥 영상들로부터 관심 영역을 추출하는 관심 영역 추출부; 및

상기 관심 영역으로부터 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면 사이의 혈관 벽 두께를 측정하는 혈관벽 두께 측정부;를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 영상 분류부는,

미리 저장된 경동맥 영상들 및 상기 경동맥 영상들의 특징을 추출하고, 상기 영상 수신부가 수신하는 상기 경동맥 영상들을 중간 총경동맥(Mid CCA), 원위 총경동맥(Distal CCA), 팽대부(Bulb) 및 내경동맥(ICA) 영상으로 분류하고,

상기 분류된 결과에 대한 품질을 평가하여, 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 가지도록 학습된 분류 인공지능망을 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 관심 영역 추출부는,

미리 학습되어 삽입된 상기 분류 인공지능망을 이용하여 복수의 추천 영역들을 결정하는 영역 추천부;

상기 추천 영역들의 상기 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하는 확률 산출부; 및

상기 추천 영역들과 상기 추천 영역들 각각의 상기 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정하는 관심 영역 결정부를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 관심 영역 추출부는 가중치 밸런싱을 통하여 혈관벽에 가중치를 부여하여 학습하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

혈관벽 두께 측정부는,

상기 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할하는 전처리부;

상기 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 세그멘테이션을 수행하는 세그멘테이션부;

상기 세그멘테이션 된 결과를 이용하여 선형의 상기 관내강-내막 계면 및 상기 중막-외막 계면을 결정하는 계면 결정부; 및

상기 관내강-내막 계면 및 상기 중막-외막 계면 사이의 거리 측정 값인 상기 혈관벽 두께를 산출하는 두께 산출부를 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 세그멘테이션부는,

상기 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 맥스 폴링 인덱스들로 변환하여 세그멘테이션 하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 계면 결정부는,

모폴로지(Morphology) 기법을 사용하여 상기 세그멘테이션된 결과로부터 선형의 계면들 결정하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 15

제8항에 있어서,

산출된 상기 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정하는 위험도 결정부를 더 포함하는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치.

청구항 16

컴퓨터를 이용하여 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 딥러닝 기법을 이용하여 동맥의 내막-중막 두께를 산출하는 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 심혈관 질환은 전세계적으로 성인의 가장 큰 사망 원인 중 하나로, 심혈관 질환으로 인한 사망은 지속적으로 증가하고 있다. 심혈관 질환으로 인한 사망을 감소시키기 위하여, 심혈관 질환이 발생하지 않은 사람에 대하여 경동맥초음파 검사를 시행하고, 무증상의 심혈관 질환의 고위험군을 조기에 선별하여 치료할 수 있다.

[0003] 경동맥 초음파 영상 촬영은 동맥 경화 정도를 평가할 수 있는 비침습적인 검사 방법으로, 방사선 노출의 위험이 없다. 임상에서 널리 쓰이고 있는 동맥 경화 판별법은 경동맥을 초음파로 촬영하여 동맥의 내막-중막의 두께(Intima-Media Thickness, 이하 혈관벽 두께)를 측정하는 것이다.

[0004] 혈관벽 두께는 심뇌혈관 질환의 발생 위험을 높은 관련도로 예측할 수 있다. 그러나, 초음파 영상의 질이 검사자의 숙련도나 초음파 장비의 성능에 따라 차이가 있으며, 이러한 차이로 인하여 균일한 결과를 얻지 못할 수 있다.

[0005] 최근 사용되는 자동화된(Automated) 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법은 검사자가 경동맥 영상을 눈으로 평가하여 관심영역(Region of Interest)을 설정하고, 그라디언트(Gradient) 알고리즘 및 피팅(Fitting) 알고리즘을 적용하여 관심 영역의 그레이스케일(Gray Scale)을 분석한다. 자동화된 혈관벽 두께 측정 방법은 촬영된 혈관의 위치에 따라 정확도가 감소할 수 있다. 또한, 수동으로 관심 영역을 설정하므로, 검사자의 숙련도에 의한 차이가 발생할 수 있다.

[0006] 따라서, 획득된 영상의 질에 좌우되지 않고, 동일한 기준에 따라 혈관벽의 두께를 측정하는 방법 및 장치가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 제1 기술적 과제는 딥러닝 기법을 이용하여 혈관벽의 두께를 측정하는 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 제2 기술적 과제는 딥러닝 기법을 이용하여 혈관벽의 두께를 측정하는 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 제1 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 대상체의 경동맥 영상을 수신하는 단계, 상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 객체 검출 알고리즘을 이용하여 상기 경동맥 영상에서 측정해야 할 혈관벽을 포함하는 관심 영역을 결정하는 단계, 및 상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 상기 혈관벽의 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면을 검출하고, 거리 측정 알고리즘을 이용하여 상기 계면들 사이의 혈관벽 두께를 산출하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 객체 검출 알고리즘은, 미리 학습되어 삽입된 분류 인공신경망을 기초로 상기 관심 영역을 결정하고, 상기 분류 인공신경망은, 미리 저장된 경동맥 영상들 및 상기 경동맥 영상들의 특징을 추출하고, 상기 경동맥 영상들을 중간 총경동맥(Mid CCA), 원위 총경동맥(Distal CCA), 팽대부(Bulb) 및 내경동맥(ICA) 영상으로 분류하고, 상기 분류된 결과에 대한 품질을 평가하여, 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 가지도록 반복 학습하는 과정으로 생성될 수 있다.

[0011] 상기 관심 영역을 결정하는 단계는, 미리 학습되어 삽입된 상기 분류 인공신경망을 기초로 복수의 추천 영역들을 결정하는 단계, 상기 추천 영역들 각각의 상기 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하는 단계, 및 상기 추천 영역들과 상기 추천 영역들 각각의 상기 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 혈관벽 두께를 산출하는 단계는, 상기 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할하는 단계, 상기 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 세그멘테이션을 수행하는 단계, 상기 세그멘테이션된 결과를 이용하여 선형의 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 결정하는 단계, 및 상기 관내강-내막 계면 및 상기 중막-외막 계면 사이의 거리 측정 값인 상기 혈관벽 두께를 산출할 수 있다.

[0013] 세그멘테이션을 수행하는 단계는, 분할된 상기 기준 단위 영역들에 대해서, 인코딩 시 사용된 맵스 풀링 인덱스들의 값을 디코딩 시 반영하여 픽셀 세그멘테이션을 수행할 수 있다.

[0014] 상기 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 가중치 밸런싱(Weight Balancing)을 통하여 계면들에 가중치를 부여하여 학습할 수 있다.

[0015] 산출된 상기 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상술한 제2 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예는, 경동맥 영상을 수신하는 영상 수신부, 상기 경동맥 영상들을 중간 총경동맥, 원위 총경동맥, 팽대부 및 내경동맥 영상으로 분류하는 영상 분류부, 상기 경동맥 영상들로부터 관심 영역을 추출하는 관심 영역 추출부, 및 상기 관심 영역으로부터 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면 사이의 혈관벽 두께를 측정하는 혈관벽 두께 측정부를 포함한다.

[0017] 상기 영상 분류부는, 미리 저장된 경동맥 영상들 및 상기 경동맥 영상들의 특징을 추출하고, 상기 영상 수신부가 수신하는 상기 경동맥 영상들을 중간 총경동맥(Mid CCA), 원위 총경동맥(Distal CCA), 팽대부(Bulb) 및 내경

동맥(ICA) 영상으로 분류하고, 상기 분류된 결과에 대한 품질을 평가하여, 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 가지도록 학습된다.

- [0018] 상기 관심 영역 추출부는, 미리 학습되어 삽입된 상기 영상 분류부를 이용하여 복수의 추천 영역들을 결정하는 영역 추천부, 상기 추천 영역들의 상기 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하는 확률 산출부, 및 상기 추천 영역들과 상기 추천 영역들 각각의 상기 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정하는 관심 영역 결정부를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 관심 영역 추출부는 가중치 밸런싱을 통하여 혈관벽에 가중치를 부여하여 학습할 수 있다.
- [0020] 혈관벽 두께 측정부는, 상기 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할하는 전처리부, 상기 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 세그멘테이션을 수행하는 세그멘테이션부, 상기 세그멘테이션 된 결과를 이용하여 선형의 상기 관내강-내막 계면 및 상기 중막-외막 계면을 결정하는 계면 결정부, 및 상기 관내강-내막 계면 및 상기 중막-외막 계면 사이의 거리 측정 값인 상기 혈관벽 두께를 산출하는 두께 산출부를 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 세그멘테이션부는, 상기 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 인코딩 시 사용된 맥스 풀링 인덱스들의 값을 디코딩 시 반영하여 픽셀 세그멘테이션을 수행할 수 있다.
- [0022] 상기 계면 결정부는, 모폴로지(Morphology) 기법을 사용하여 상기 세그멘테이션된 결과로부터 선형의 계면들을 결정할 수 있다.
- [0023] 산출된 상기 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정하는 위험도 결정부를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터를 이용하여 상술한 방법들 중 어느 한 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공한다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명은 경동맥 영상을 이용하여 비침습적인 방법으로 대상체의 동맥 경화 정도를 평가할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에서, 경동맥 영상은 딥러닝 기법을 이용하여 분석되므로, 영상 획득 장치, 검사자 및 분석자의 숙련도와 무관하게 동일한 기준에 따라 높은 정확도로 혈관벽 두께를 측정할 수 있다.
- [0027] 딥러닝 기법을 이용하여 총경동맥의 중간부와 원위부, 팽대부, 내경동맥으로 혈관의 부위를 자동 분류할 수 있으며, 검사자의 개입이 없이, 촬영된 경동맥 영상에 동일한 기준을 적용하여 정량화된 혈관벽 두께 데이터를 획득할 수 있다.
- [0028] 또한, 딥러닝 기법을 이용하여 영상을 분석함으로써 사람의 눈으로 혈관의 경계(Contour)를 인식하는 경우보다 정확하게 경계를 인식할 수 있다. 촬영 영상의 넓은 영역을 복수 분할하여 여러 지표를 포괄적으로 평가할 수 있으며, 전체 혈관벽 두께 측정 단계에서 검사자의 개입을 최소화하여, 객관적이고 정확한 결과를 도출할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 경동맥의 종단면을 도시하는 단면도이다.
- 도 2는 경동맥의 종단면을 촬영한 초음파 영상에서 혈관벽 두께를 측정하는 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법을 설명하는 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라, 딥러닝 알고리즘을 학습하는 방법을 설명하는 순서도이다.
- 도 5는 도 3에 도시된 관심 영역을 결정하는 단계의 세부 단계를 설명하는 순서도이다.
- 도 6은 도 3에 도시된 혈관벽 두께를 산출하는 단계의 세부 단계를 설명하는 순서도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치를 도시하는 블록도이다.
- 도 8은 도 7에 도시된 관심영역 추출부의 세부 구성을 설명하는 블록도이다.

도 9는 도 7에 도시된 혈관벽 두께 측정부의 세부 구성을 설명하는 블록도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치의 각 구성의 동작을 설명하는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명이 여러 가지 수정 및 변형을 허용하면서도, 그 특정 실시예들이 도면들로 예시되어 나타내어지며, 이하에서 상세히 설명될 것이다. 그러나 본 발명을 개시된 특별한 형태로 한정하려는 의도는 아니며, 오히려 본 발명은 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 사상과 합치되는 모든 수정, 균등 및 대용을 포함한다.
- [0032] 층, 영역 또는 기관과 같은 요소가 다른 구성요소 "상(on)"에 존재하는 것으로 언급될 때, 이것은 직접적으로 다른 요소 상에 존재하거나 또는 그 사이에 중간 요소가 존재할 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0033] 비록 제1, 제2 등의 용어가 여러 가지 요소들, 성분들, 영역들, 층들 및/또는 지역들을 설명하기 위해 사용될 수 있지만, 이러한 요소들, 성분들, 영역들, 층들 및/또는 지역들은 이러한 용어에 의해 한정되어서는 안 된다는 것을 이해할 것이다.
- [0034] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 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.
- [0035] 본 명세서에서, 대상체는 사람 또는 동물, 또는 사람 또는 동물의 일부를 포함할 수 있다. 대상체의 영상은 이산적인 이미지 요소들로 구성된 다차원 데이터를 의미할 수 있다. 영상은 초음파 진단 장치, X-ray 장치, CT 장치, MRI 장치 및 다른 의료 영상 장치에 의해 획득된 경동맥 영상일 수 있다.
- [0036] 이하 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 이하 도면상의 동일한 구성 요소에 대하여는 동일한 참조 부호를 사용하고, 동일한 구성 요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0037] 도 1은 경동맥의 구조를 도시하는 단면도이다.
- [0038] 도 1을 참조하면, 경동맥(10)은 내강(11), 내막(13), 중막(15), 및 외막(17)을 포함한다.
- [0039] 내강(11)은 혈액이 지나는 부분으로, 경동맥(10)의 중심에 위치한다. 내막(13)은 내피세포로 구성되어 있으므로 혈관벽에 혈전이 생기지 않도록 하며, 혈관의 수축과 이완에 관여한다. 중막(15)은 근육세포와 탄력섬유, 콜라겐으로 구성되는 막으로, 심장 박동으로 인하여 생기는 압력을 견딜 수 있다. 외막(17)은 질긴 섬유 조직으로 구성되는 막으로, 동맥이 외부 압력을 받은 경우에도 손상되지 않도록 보호한다.
- [0040] 내강(11)과 내막(13)의 계면으로부터 중막(15)과 외막(17)의 계면 사이 거리인, 내막-중막 두께(20, Intima-Media Thickness, 이하 혈관벽 두께)는 노화, 흡연, 음주 또는 스트레스로 인하여 두껍고 딱딱해질 수 있다. 혈관벽 두께(20)가 두꺼워지면 내강(11)이 좁아져 혈액순환이 어려워진다.
- [0041] 따라서, 혈관벽 두께(20)는 관상동맥 질환이나 뇌졸중의 고위험군을 선별하는 지표로 권장되고 있다.
- [0042] 도 2는 경동맥을 촬영한 초음파 영상에서 혈관벽 두께를 측정하는 방법을 설명하는 도면이다.
- [0043] 초음파 촬영을 통하여 획득한 경동맥 영상은 혈관의 근위벽보다 원위벽(Far wall)이 더 선명하게 관찰되므로, 원위벽에서 혈관벽 두께(20)를 측정한다.
- [0044] 초음파 영상에서 내막(13)은 명도가 높은 띠 모양이며, 중막(15)은 내막(13)과 외막(17) 사이에서 명도가 낮은 띠의 형상을 하고 있다. 외막(17)은 초음파 영상에서 가장 밝은 값을 가지며, 중막(15) 아래의 명도가 높고 두꺼운 부분에 해당한다.
- [0045] 상술한 바와 같이, 혈관벽 두께(20)는 내강(11)과 내막(13)의 계면으로부터 중막(15)과 외막(17)의 계면 사이의 거리를 측정하여 결정한다. 이 때, 초음파 영상은 검사자의 숙련도에 따라 영상의 질이 큰 폭으로 변할 수 있다. 즉, 검사자가 프로브(probe)를 이동하는 속도 및 가속도에 따라 영상이 부정확하게 촬영될 수 있다. 또한 초음파의 분해능 한계(초음파 프로브의 사용 주파수(frequency)가 약 5MHz일 때, 약 0.3 mm)로 인한 오차가 발생할 수 있으며, 분석자의 숙련도에 따라 이러한 오차가 혈관벽 두께(20)의 측정에 큰 영향을 미칠 수 있다.

- [0046] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법을 설명하는 순서도이다.
- [0047] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법은, 경동맥 영상을 수신하는 단계(S110), 관심 영역을 결정하는 단계(S120) 및 혈관벽 두께를 산출하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.
- [0048] 경동맥 영상을 수신하는 단계(S110)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 대상체의 경동맥 영상을 수신하는 단계이다.
- [0049] 경동맥 영상은 영상 촬영 장치를 통해 획득된 대상체의 혈관 영상일 수 있다. 영상 촬영 장치는 대상체를 측정 한 영상 또는 이미지를 출력하는 장치로서, 초음파 진단 장치, X-ray 장치, CT 장치, MRI 장치, 및 다른 의료 영상 장치일 수 있다.
- [0050] 경동맥 영상은 영상 촬영 장치를 통하여 획득된 로우(raw) 데이터이거나, 전처리되어 미리 저장된 영상일 수 있다. 일 예로, 경동맥 영상은 영상 촬영 장치가 획득한 동영상으로부터 추출한 최적의 정지 영상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 경동맥 영상은 딥러닝 알고리즘의 지도 학습을 위한 전처리가 된 영상일 수 있다. 일 예로, 경동맥 영상은 사용자가 경동맥 혈관을 부위별로 분할하고 레이블링한 것일 수 있다.
- [0051] 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 하나 이상의 프로세서, 저장 매체를 포함하는 컴퓨팅 장치일 수 있다.
- [0052] 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 영상을 저장하는 저장매체, 시스템 또는 이들과 연결되는 통신 네트워크로부터 영상을 수신할 수 있다. 예를 들어, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 의료영상저장전송시스템(PACS)와 연결되어 대상체의 경동맥 영상을 수신할 수 있다. 또한, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 영상 촬영 장치로부터 직접 대상체의 영상을 입력 받을 수 있다.
- [0053] 관심 영역을 결정하는 단계(S120)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 객체 검출 알고리즘을 이용하여 관심 영역을 결정하는 단계이다.
- [0054] 관심 영역은 경동맥 영상에서 측정해야 할 혈관벽을 포함하며, 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면이 선명하게 구별되는 영역일 수 있다.
- [0055] 객체 검출 알고리즘은 분류 인공지능망과, 영역 추천 알고리즘을 포함할 수 있다.
- [0056] 분류 인공지능망은 미리 저장된 경동맥 영상들 및 경동맥 영상들의 특징을 추출하고, 경동맥 영상들을 중간 총 경동맥, 원위 총경동맥, 팽대부 및 내경동맥 영상으로 분류하고, 분류된 결과에 대한 품질을 평가하여, 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 가지도록 반복 학습된다.
- [0057] 영역 추천 알고리즘은 미리 학습되어 삽입된 분류 인공지능망을 기초로 복수의 추천 영역들을 결정하고, 추천 영역들이 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하고, 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정한다.
- [0058] 혈관벽 두께를 산출하는 단계(S130)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 혈관벽의 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면을 검출하고, 거리 측정 알고리즘을 이용하여 계면들 사이의 혈관벽 두께를 산출하는 단계이다.
- [0059] 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 관심 영역을 세그멘테이션하여 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 추출한다. 이 때 세그멘테이션된 결과는 각 계면을 포함하는 영역이므로, 거리 측정 알고리즘은 추출된 결과를 선형으로 변환하여 혈관벽 두께를 산출한다.
- [0060] 거리 측정 알고리즘은 모폴로지 기법을 사용하여 세그멘테이션된 결과로부터 선형의 계면들을 결정할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법은 산출된 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0062] 동맥 경화 위험도를 결정하는 단계에서 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 대상체의 나이, 관련 질병의 유무, 성별, 체중, 신장 등 심혈관질환의 관련 요인을 추가적으로 입력 받아 동맥 경화 위험도 결정 인자로 이용할 수 있다.
- [0063] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라, 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법에 이용되는 딥러닝 알고리즘을 학습하는 방법을 설명하는 순서도이다.
- [0064] 도 4를 참조하면, 딥러닝 알고리즘을 학습하는 방법은, 경동맥 영상을 수신하는 단계(S210), 혈관 부위를 분류하는 단계(S220), 관심 영역을 결정하는 단계(S230), 혈관벽 두께를 측정하는 단계(S240)를 포함한다.
- [0065] 경동맥 영상을 수신하는 단계(S210)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 대상체의 경동맥 영상을 수신하는

단계이다.

- [0066] 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 영상을 저장하는 저장매체, 시스템 또는 이들과 연결되는 통신 네트워크로부터 영상을 수신할 수 있다. 예를 들어, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 의료영상저장전송시스템(PACS)와 연결되어 대상체의 경동맥 영상을 수신할 수 있다. 또한, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 영상 촬영 장치로부터 직접 대상체의 영상을 입력 받을 수 있다.
- [0067] 혈관 부위를 분류하는 단계(S220)는 분류 인공신경망을 학습하는 단계이다.
- [0068] 분류 인공신경망은 미리 저장된 경동맥 영상들 및 영상 수신부가 수신한 경동맥 영상들의 특징을 추출한다. 분류 인공신경망은 경동맥 영상들을 중간 총경동맥, 원위 총경동맥, 팽대부 및 내경동맥 영상으로 분류하고, 분류된 결과에 대하여 품질을 평가한다. 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 갖도록 반복 학습하여 분류 인공신경망을 갱신한다.
- [0069] 이 때, 분류 인공신경망은 스킵 커넥션(Skip Connection)을 이용한 잔여 블록(Residual Block)을 갖는 컨벌루션 인공신경망(Convolution Neural Network)일 수 있다.
- [0070] 관심 영역을 결정하는 단계(S230)는, 관심 영역을 결정하는 객체 검출 알고리즘을 학습하는 단계이다.
- [0071] 객체 검출 알고리즘은 상술한 바와 같이 분류 인공신경망과 영역 추천 알고리즘을 포함한다. 영역 추천 알고리즘은 미리 학습되어 삽입된 분류 인공신경망을 기초로 복수의 추천 영역들을 결정한다. 추천 영역들이 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하여 추천한 결과에 대한 품질을 평가한다. 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 갖도록 영역 추천 알고리즘을 갱신한다.
- [0072] 관심 영역은 경동맥 원위벽 측의 측정 대상 혈관벽을 포함하는 영역이다. 학습 시, 전체 영상에서 관심 영역이 차지하는 비율이 매우 작으므로, 가중치 밸런싱을 통하여 혈관벽에 가중치를 부여하여 학습할 수 있다.
- [0073] 혈관벽 두께를 측정하는 단계(S240)는, 혈관벽의 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면을 검출하고, 계면들 사이의 혈관벽 두께를 산출하는 거리 측정 알고리즘을 학습하는 단계이다.
- [0074] 혈관벽의 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면은 픽셀 단위 세그멘테이션(Pixelwise Segmentation)을 수행하는 컨벌루션 인공신경망에 의하여 검출될 수 있다. 컨벌루션 인공신경망은 객체의 위치 정보를 유지하도록, 분할된 기준 단위 영역들에 대해서, 인코딩 시 사용된 맥스 풀링 인덱스들의 값을 디코딩 시 반영하여 픽셀 세그멘테이션을 수행할 수 있다.
- [0075] 즉, 영상의 특성 추출을 위한 인코딩 과정에서 사용되는 맥스 풀링 인덱스(Max Pooling Indices)들을 영상을 디코딩하는 단계에서 다시 사용하여, 세그멘테이션의 정확도 및 속도를 향상할 수 있다.
- [0076] 거리 측정 알고리즘은 영역으로 추출되는 세그멘테이션된 결과를 선형으로 변환하고, 선형으로 결정된 계면 사이의 거리를 측정하여 혈관벽 두께를 산출한다. 이후, 거리 측정 알고리즘은 혈관벽 두께를 산출한 결과에 대하여 품질을 평가한다. 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 갖도록, 거리 측정 알고리즘을 갱신한다.
- [0077] 딥러닝 알고리즘을 학습하는 방법은 동맥 경화 위험도를 결정하는 단계(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0078] 동맥 경화 위험도를 결정하는 단계에서, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 산출된 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정한다.
- [0079] 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 대상체의 나이, 관련 질병의 유무, 성별, 체중, 신장 등 심혈관질환의 관련 요인을 추가적으로 입력 받아 동맥 경화 위험도 결정 인자로 이용할 수 있다. 동맥 경화 위험도를 결정한 결과에 대하여 품질을 평가하고, 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 갖도록 동맥 경화 위험도 결정 알고리즘을 갱신한다.
- [0080] 도 5는 도 3에 도시된 관심 영역을 결정하는 단계의 세부 단계를 설명하는 순서도이다.
- [0081] 도 5를 참조하면, 관심 영역을 결정하는 단계는, 복수의 추천 영역들을 결정하는 단계(S121), 추천 영역들의 확률 값을 산출하는 단계(S123), 및 최적 관심 영역을 결정하는 단계(S125)를 포함한다.
- [0082] 복수의 추천 영역들을 결정하는 단계(S121)는, 미리 학습되어 삽입된 분류 인공신경망을 기초로 복수의 추천 영역들을 결정하는 단계이다.
- [0083] 상술한 바와 같이, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치는 경동맥 영상들에 대한 분류 및 분류 결과에 대한 평가를

반복하여 학습된 분류 인공지능망을 기초로 복수의 추천 영역들을 결정한다. 추천 영역들은 경동맥 영상에서 특징을 가지는 부분들을 바운딩 된 상자 형태로 제공한다.

- [0084] 추천 영역들의 확률 값을 산출하는 단계(S123)는, 추천 영역들이 각각 혈관의 원위벽을 포함하는 관심 영역일 확률 값을 산출하는 단계이다.
- [0085] 바운딩 된 상자 형태의 추천 영역들이 측정 대상 혈관벽을 포함하는지, 또는 배경(백그라운드)에 해당하는지 분류하고, 추천 영역들이 관심 영역일 확률 값을 산출한다.
- [0086] 최적 관심 영역을 결정하는 단계(S125)는, 추천 영역들과 산출된 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정하는 단계이다.
- [0087] 상술한 확률 값들을 정렬하고, 가장 높은 확률 값을 갖는 추천 영역을 선택하여 최적 관심 영역을 결정한다.
- [0088] 도 6은 도 3에 도시된 혈관벽 두께를 산출하는 단계의 세부 단계를 설명하는 순서도이다.
- [0089] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 혈관벽 두께를 산출하는 단계는 기준 단위 영역으로 분할하는 단계(S131), 세그멘테이션을 수행하는 단계(S133), 각 계면을 결정하는 단계(S135), 및 혈관벽 두께를 산출하는 단계(S137)를 포함한다.
- [0090] 기준 단위 영역으로 분할하는 단계(S131)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 결정된 최적 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할하는 단계이다.
- [0091] 결정된 최적 관심 영역을 컨벌루션 인공지능망에 입력하기 위하여 기준 단위 영역으로 분할한다. 기준 단위 영역들은 가로와 세로의 크기가 동일할 수 있다. 일 예로, 기준 단위 영역들은 $128 \text{ px} \times 128 \text{ px}$ 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0092] 세그멘테이션을 수행하는 단계(S133)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 분할된 기준 단위 영역들에 대해서 세그멘테이션을 수행하는 단계이다.
- [0093] 분할된 기준 단위 영역들은 객체의 위치 정보를 유지하도록, 인코딩 시 사용된 맥스 풀링 인덱스의 값을 디코딩 시 반영하여 픽셀 단위 세그멘테이션을 수행할 수 있다. 컨벌루션 인공지능망은 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 포함하는 영역을 결정한다.
- [0094] 각 계면을 결정하는 단계(S135)는, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치가 세그멘테이션 된 결과를 이용하여 선형의 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 결정하는 단계이다.
- [0095] 거리 측정 알고리즘은 세그멘테이션 된 결과로부터 계면을 추출하여 선형의 결과 값을 출력한다. 거리 측정 알고리즘은 모폴로지 기법을 사용하여 세그멘테이션 된 결과로부터 선형의 계면들을 결정할 수 있다.
- [0096] 혈관벽 두께를 산출하는 단계(S137)는, 관내강-내막 계면과 중막-외막 계면 사이의 거리 측정 값인 혈관벽 두께를 산출하는 단계이다.
- [0097] 거리 측정 알고리즘은 결정된 선형의 계면들 사이의 최단 거리를 측정한다. 혈관벽 두께는 선택된 최적 지점에서 선형의 계면들 사이의 최단 거리일 수 있다. 또는 혈관벽 두께는 복수의 선택 지점에서 선형의 계면들 사이의 최단 거리들의 평균 값일 수 있다.
- [0098] 상술한 본 발명의 다양한 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성할 수 있고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체 (예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등)와 같은 저장매체를 포함한다.
- [0099] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치를 도시하는 블록도이다.
- [0100] 도 7을 참조하면, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치(100)는 영상 수신부(110), 영상 분류부(120), 관심 영역 추출부(130) 및 혈관벽 두께 측정부(140)를 포함한다.
- [0101] 영상 수신부(110)는 대상체의 경동맥 영상을 수신한다.
- [0102] 영상 수신부(110)는 영상을 저장하는 저장매체, 시스템 또는 이들과 연결되는 통신 네트워크로부터 영상을 수신

할 수 있다. 예를 들어, 영상 수신부(110)는 의료영상저장전송시스템(PACS)와 연결되어 대상체의 경동맥 영상을 수신할 수 있다. 또한 영상 수신부(110)는 영상 촬영 장치로부터 직접 대상체의 영상을 입력 받을 수 있다.

- [0103] 영상 수신부(110)는 저장장치를 포함할 수 있다. 저장 장치는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록 장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다.
- [0104] 영상 분류부(120)는 분류 인공신경망을 이용하여 경동맥 영상들을 중간 총경동맥, 원위 총경동맥, 팽대부 및 내경동맥 영상으로 분류한다.
- [0105] 분류 인공신경망은 미리 저장된 경동맥 영상들 및 경동맥 영상들의 특징을 추출하고, 상기 특징들을 기초로 경동맥 영상들을 분류하고, 분류된 결과에 대하여 품질을 평가한다. 미리 설정된 기준값 이상의 품질을 갖도록 반복 학습하여 분류 인공신경망을 갱신한다.
- [0106] 영상 분류부(120)는 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치(100)의 학습 단계에서 영상 수신부(110)가 수신하는 경동맥 영상들을 반복적으로 분류하고, 분류 결과를 평가하여 학습한다. 그러나 학습 단계 이후, 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치(100)의 실행 단계에서 영상 분류부(120)는 반복 학습을 통하여 형성한 분류 인공신경망을 관심 영역 추출부(130)에 제공하며, 독립적으로 분류 기능을 수행하지 않을 수 있다.
- [0107] 관심 영역 추출부(130)는 객체 검출 알고리즘을 이용하여 경동맥 영상들로부터 측정 대상 혈관벽을 포함하는 관심 영역을 추출한다.
- [0108] 객체 검출 알고리즘은 분류 인공신경망과 영역 추천 알고리즘을 포함한다. 관심 영역 추출부(130)는 미리 학습되어 삽입된 분류 인공신경망을 기초로 영역 추천 알고리즘이 복수의 추천 영역을 결정하고, 최적 관심 영역을 추출한다.
- [0109] 관심 영역 추출부(130)는 전체 경동맥 영상에서 매우 작은 비중을 차지하는 관심 영역을 효율적으로 결정하기 위하여, 가중치 밸런싱을 통하여 혈관벽에 가중치를 부여하여 학습될 수 있다.
- [0110] 혈관벽 두께 측정부(140)는 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할하고, 분할된 기준 단위 영역들에 대해서 세그멘테이션을 수행한다. 이후, 세그멘테이션 된 결과를 이용하여 선형의 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 결정하고, 계면들 사이의 거리 측정 값인 혈관벽 두께를 산출한다.
- [0111] 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치(100)는 산출된 혈관벽 두께를 기초로 동맥 경화 위험도를 결정하는 위험도 결정부(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0112] 상술한 영상 분류부(120), 관심 영역 추출부(130), 혈관벽 두께 측정부(140) 및 위험도 결정부(미도시) 중 적어도 하나는, 적어도 하나의 하드웨어 칩 형태로 제작되어 전자 장치에 탑재될 수 있다. 예를 들어, 하드웨어 칩은 인공지능(Artificial Intelligence)을 위한 전용 하드웨어 칩이거나, 또는 기존의 범용 프로세서(CPU 또는 Application Processor) 또는 그래픽 전용 프로세서(GPU)의 일부일 수 있다.
- [0113] 한편, 영상 분류부(120), 관심 영역 추출부(130), 혈관벽 두께 측정부(140) 및 위험도 결정부(미도시) 중 적어도 하나는 소프트웨어 모듈로 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 컴퓨터로 읽을 수 있는 판독 가능한 비일시적 판독 가능 기록매체(non-transitory computer readable media)에 저장될 수 있다. 또한, 이 경우, 적어도 하나의 소프트웨어 모듈은 OS(Operating System)에 의해 제공되거나, 소정의 애플리케이션에 의해 제공될 수 있다. 또는, 적어도 하나의 소프트웨어 모듈 중 일부는 OS(Operating System)에 의해 제공되고, 나머지 일부는 소정의 애플리케이션에 의해 제공될 수 있다.
- [0114] 도 8은 도 7에 도시된 관심영역 추출부의 세부 구성을 설명하는 블록도이다.
- [0115] 도 8을 참조하면, 관심 영역 추출부(130)는 영역 추천부(131), 확률 산출부(133) 및 관심 영역 결정부(135)를 포함한다.
- [0116] 영역 추천부(131)는 분류 인공신경망을 이용하여 복수의 추천 영역들을 결정한다. 영역 추천부(131)는 영상 분류부(120)의 미리 학습되어 삽입된 분류 인공신경망을 기초로 영역 추천 알고리즘을 이용하여, 복수의 추천 영역들을 결정한다.
- [0117] 확률 산출부(133)는 추천 영역들이 측정 대상인 혈관의 원위벽을 포함하는 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출한다. 바운딩 된 상자 형태의 추천 영역들이 측정 대상 혈관벽을 포함하는지, 또는 백그라운드를 포함하는지 분

류하여, 추천 영역들이 관심 영역일 확률 값을 산출한다.

- [0118] 관심 영역 결정부(135)는 추천 영역들과 추천 영역들 각각이 관심 영역일 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역을 결정한다. 확률 산출부(133)가 산출한 확률 값들을 정렬하여, 가장 높은 확률 값을 갖는 추천 영역을 선택하여 최적 관심 영역을 결정한다.
- [0119] 도 9는 도 7에 도시된 혈관벽 두께 측정부의 세부 구성을 설명하는 블록도이다.
- [0120] 도 9를 참조하면, 혈관벽 두께 측정부(140)는 전처리부(141), 세그멘테이션부(143), 계면 결정부(145) 및 두께 산출부(147)를 포함한다.
- [0121] 전처리부(141)는 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할한다.
- [0122] 전처리부는(141)는 관심 영역 추출부(130)가 결정한 최적 관심 영역을 기준 단위 영역으로 분할한다. 이 때, 기준 단위 영역은 컨벌루션 인공신경망의 입력에 적합한 크기일 수 있다. 기준 단위 영역은 가로와 세로의 크기가 동일할 수 있다. 일 예로 기준 단위 영역들은 $128 \text{ px} \times 128 \text{ px}$ 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0123] 세그멘테이션 부(143)는 기준 단위 영역들에 대해서 세그멘테이션을 수행한다.
- [0124] 세그멘테이션 부(143)는 분할된 기준 단위 영역들에 대해서 맥스 풀링 인덱스들로 변환하여 세그멘테이션을 수행할 수 있다. 세그멘테이션 부(143)는 기준 단위 영역의 인코딩 과정에서 사용되는 맥스 풀링 인덱스들을 영상을 디코딩하는 과정에서 다시 사용하여, 세그멘테이션의 정확도 및 속도를 향상시키며, 객체들의 위치 정보를 유지할 수 있다.
- [0125] 세그멘테이션 부(143)는 세그멘테이션의 결과로, 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 포함하는 영역을 결정한다.
- [0126] 계면 결정부(145)는 세그멘테이션 된 결과를 이용하여 선형의 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면을 결정한다.
- [0127] 계면 결정부(145)는 각 계면을 포함하는 영역들을 세선화 알고리즘 처리 또는 오픈닝 모폴로지 알고리즘 처리하여 선형의 계면들을 결정할 수 있다.
- [0128] 두께 산출부(147)는 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면 사이 거리의 측정 값인 혈관벽 두께를 산출한다.
- [0129] 두께 산출부(147)는 결정된 선형의 계면들 사이의 최단 거리를 측정한다. 혈관벽 두께는 선택된 최적 지점에서의 선형의 계면들 사이의 최단 거리이거나, 또는 복수의 선택 지점에서 선형의 계면들 사이의 최단 거리들의 평균 값일 수 있다.
- [0130] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치의 각 구성의 동작을 설명하는 개념도이다.
- [0131] 도 10a를 참조하면, 영상 수신부(110)가 대상체의 경동맥 영상을 수신한다.
- [0132] 경동맥 영상은 영상 촬영 장치를 통해 획득된 대상체의 혈관 영상으로, 내강(11), 내막(13), 중막(15) 및 외막(17)을 포함하는 경동맥의 영상일 수 있다.
- [0133] 도 10b를 참조하면, 관심 영역 추출부(130)가 경동맥 영상으로부터 내막(13), 중막(15) 및 외막(17)을 포함하는 관심 영역(31)을 결정한다.
- [0134] 관심 영역 추출부(130)는 영역 분류부(120)가 반복 학습하여 형성한 분류 인공신경망을 이용하여 복수의 추천 영역들을 결정한다. 추천 영역들이 관심 영역에 해당할 확률 값을 산출하고, 확률 값을 이용하여 최적 관심 영역(31)을 결정한다.
- [0135] 도 10c를 참조하면, 혈관벽 두께 측정부(140)의 전처리부(141)가 관심 영역(31)을 기준 단위 영역으로 분할한다. 기준 단위 영역은 세그멘테이션 알고리즘 입력에 적합한 크기일 수 있다. 기준 단위 영역은 가로와 세로의 크기가 동일할 수 있다.
- [0136] 도 10d를 참조하면, 혈관벽 두께 측정부(140)의 세그멘테이션 부(143)가 기준 단위 영역들에 대해서 세그멘테이션을 수행한다. 세그멘테이션부(143)는 분할된 기준 단위 영역들에 대해서 인코딩 시 사용된 맥스 풀링 인덱스들의 값을 디코딩 시 반영하여, 픽셀 단위 세그멘테이션을 수행할 수 있다. 세그멘테이션 된 결과는 각각 관내

강-내막 계면을 포함하는 영역(33)과 중막-외막 계면을 포함하는 영역(35)일 수 있다.

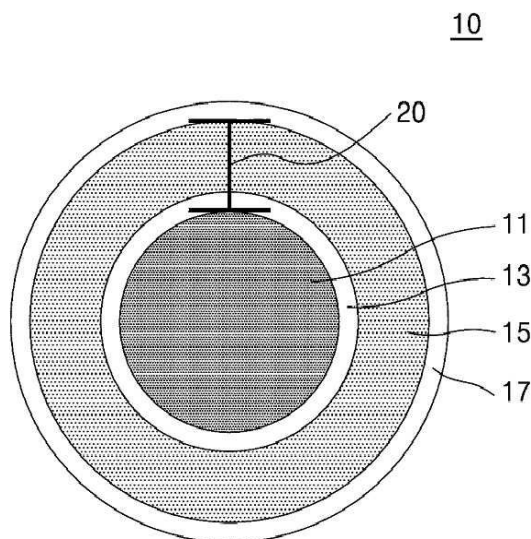
- [0137] 도 10e를 참조하면, 혈관벽 두께 측정부(140)의 계면 결정부(145)가 세그멘테이션 된 결과를 이용하여 선형의 관내강-내막 계면(37) 및 중막-외막 계면(39)을 결정한다.
- [0138] 계면 결정부(145)는 관내강-내막 계면을 포함하는 영역(33)과 중막-외막 계면을 포함하는 영역(35)들을 모폴로지 기법을 사용하여 선형의 계면들(34, 36)을 결정할 수 있다.
- [0139] 도 10f를 참조하면, 혈관벽 두께 측정부(140)의 두께 산출부(147)가 관내강-내막 계면 및 중막-외막 계면 사이의 거리의 측정 값인 혈관벽 두께를 산출한다.
- [0140] 두께 산출부(147)는 결정된 선형의 계면들 사이의 최단 거리를 측정한다. 혈관벽 두께(20)는 선택된 최적 지점에서 관내강-내막 계면(34) 및 중막-외막 계면(36) 사이의 최단 거리일 수 있다. 또는 혈관벽 두께(20)는 복수의 선택 지점에서 관내강-내막 계면(34) 및 중막-외막 계면(36) 사이의 최단 거리들의 평균 값일 수 있다.
- [0141] 상기에서는 본 발명에 따른 실시예들을 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자가 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있으며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속한다.

부호의 설명

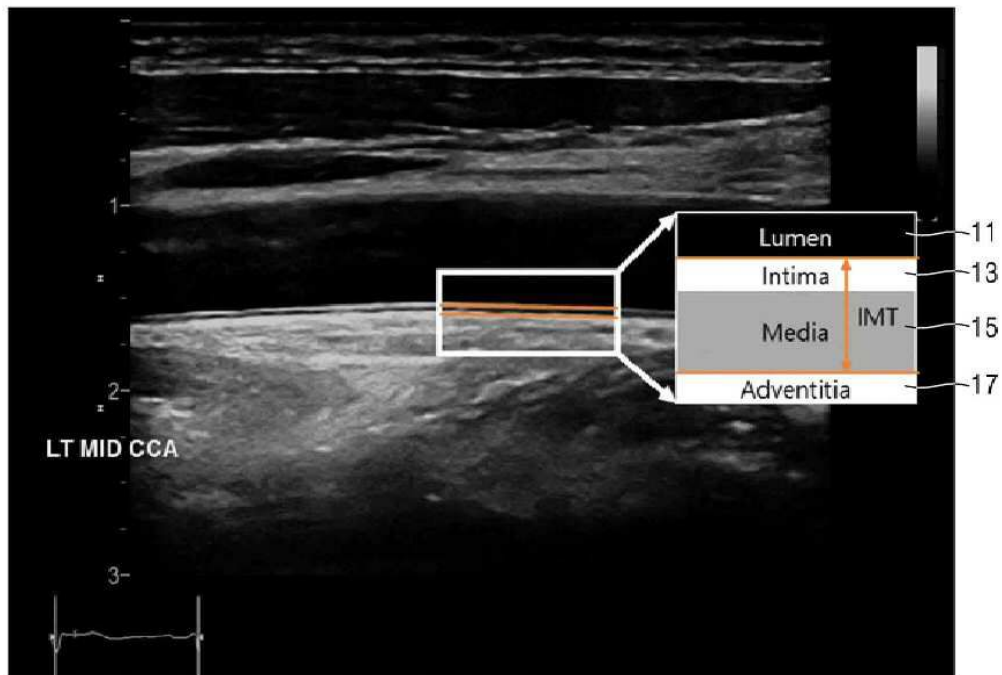
- [0142] 10 : 경동맥 11 : 관내강
13 : 내막 15 : 중막
17 : 외막 20 : 혈관벽 두께
100 : 동맥의 내막-중막 두께 측정 장치 110 : 영상 수신부
120 : 영상 분류부 130 : 관심 영역 추출부
140 : 혈관벽 두께 측정부

도면

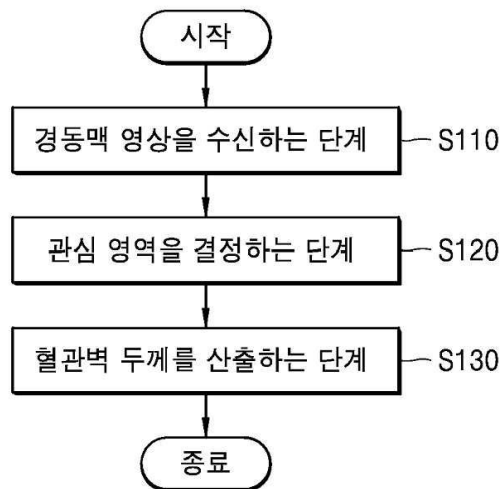
도면1



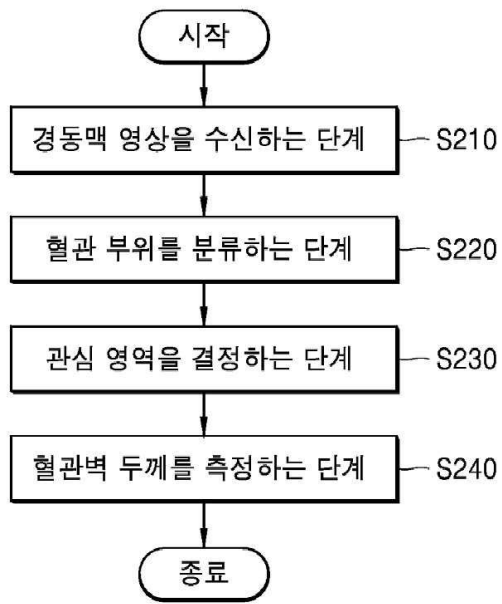
도면2



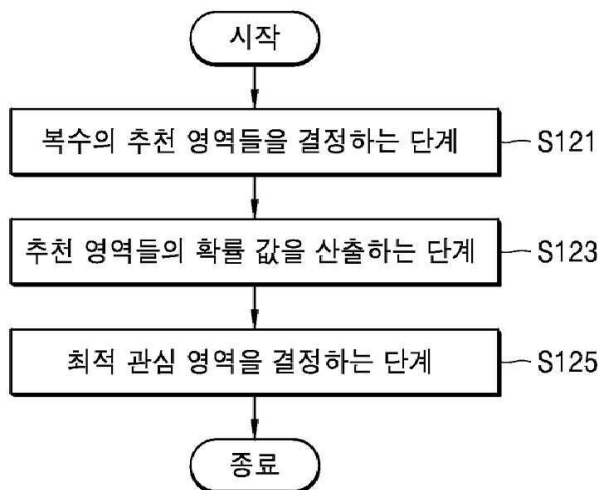
도면3



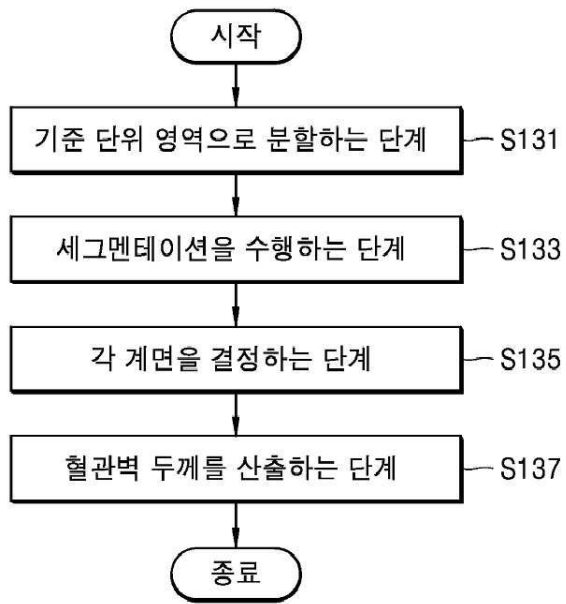
도면4



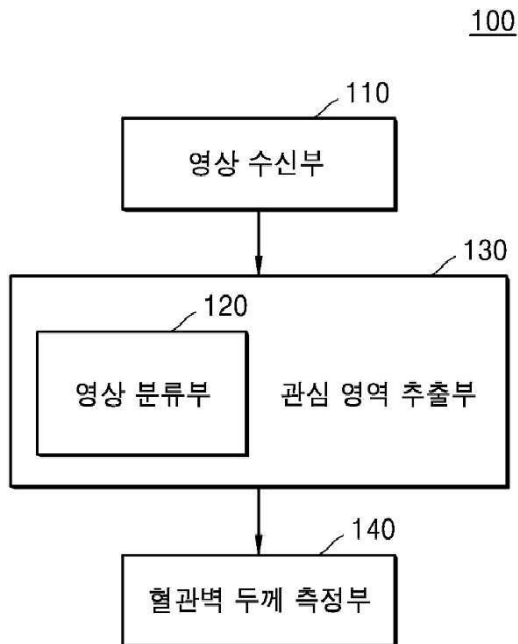
도면5



도면6

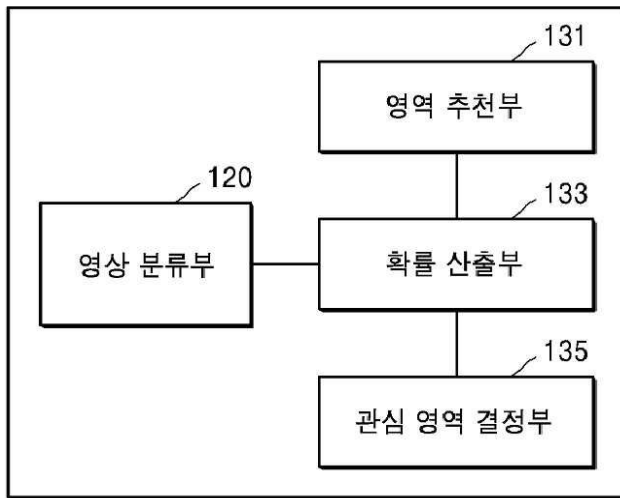


도면7



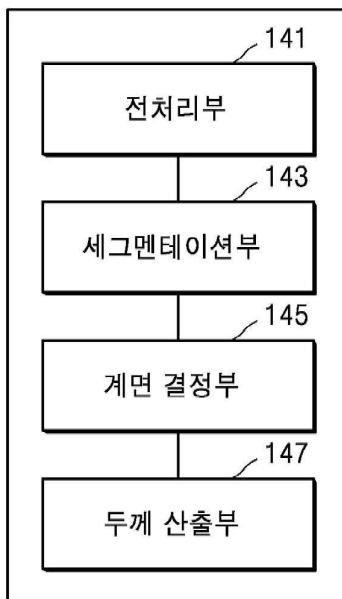
도면8

130

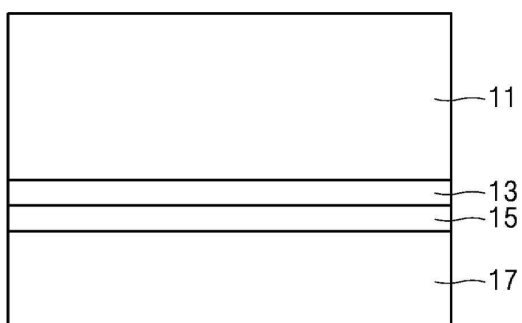


도면9

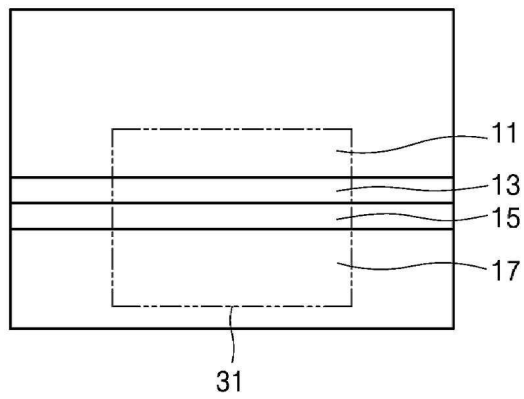
140



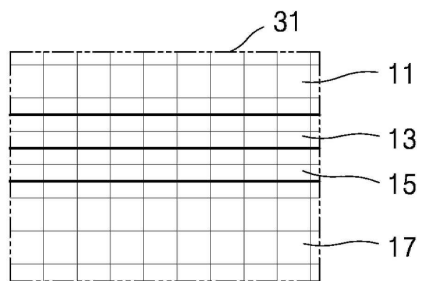
도면10a



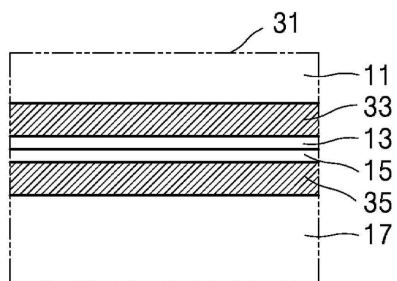
도면10b



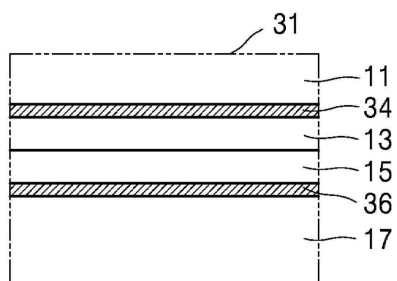
도면10c



도면10d



도면10e



도면10f

