(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0157322
(43) 공개일자 2024년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 11/00 (2006.01) *G06N 3/0475* (2023.01)
G06T 3/40 (2024.01) *G06T 5/20* (2024.01)
G06T 7/90 (2017.01) *G16H 50/20* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G06T 11/003 (2013.01)
G06N 3/0475 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2023-0053972
(22) 출원일자 2023년04월25일
심사청구일자 2023년04월25일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
신병석
서울특별시 서초구
이연
인천광역시 부평구 주부토로 78, 902호 (부평동)
장조우
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(74) 대리인
양성보

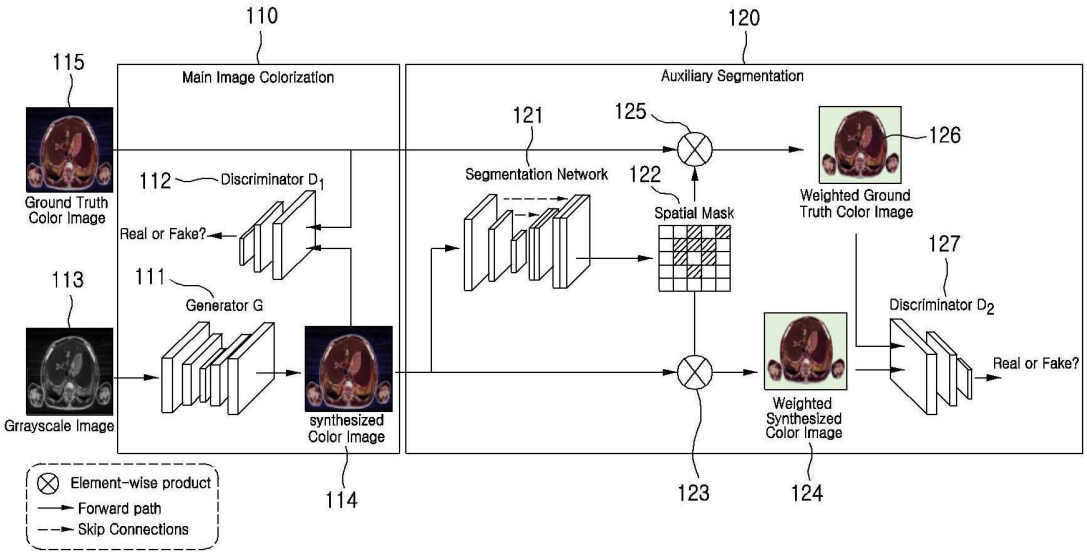
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 방법 및 시스템**

(57) 요 약

빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템 및 그 동작 방법이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템은 그레이 스케일 이미지를 입력받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 생성자 및 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 제1 구분자를 포함하는 메인 네트워크 및 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하고, 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 보조 분할 네트워크를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G06T 11/001 (2024.01)
G06T 3/4046 (2024.01)
G06T 5/20 (2024.01)
G06T 7/90 (2017.01)
G16H 50/20 (2018.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)
G06T 2210/41 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711182418
과제번호 2022R1A2B5B01001553
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견후속연구
연구과제명 [Ezbaro] 의료용 메타휴먼 응용을 위한 초고실감 인체모델링 기술개발
기 여 율 50/100
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711186835
과제번호 2022R1A4A1033549
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기초연구실육성사업(BRL)
연구과제명 [Ezbaro] 인공지능 융합형 메타휴먼 플랫폼 연구실
기 여 율 40/100
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711179347
과제번호 00155915
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신인재양성(교육운영수익)
연구과제명 [Ezbaro][정부+민간] 인공지능융합혁신인재양성(2차년도)
기 여 율 10/100
과제수행기관명 인하대학교 산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 생성자 및 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 제1 구분자를 포함하는 메인 네트워크; 및

합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하고, 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 보조 분할 네트워크

를 포함하는 의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크는,

전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하고,

상기 합성된 컬러 이미지와 상기 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 합성 가중치 컬러 이미지를 획득하고,

상기 실측 컬러 영상과 상기 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 실측 가중치 컬러 이미지를 획득하고,

상기 합성 가중치 컬러 이미지와 상기 실측 가중치 컬러 이미지의 쌍으로 구성된 가중치 컬러 이미지를 제2 구분자에 입력하고, 상기 입력된 가중치 컬러 이미지가 실측 가중치 컬러 이미지인지 여부를 판단하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크는,

이진행렬을 갖는 이진 공간 마스크에 대하여 연속된 변수를 갖는 공간 마스크로 변환하기 위해 Gumbel-Softmax 재매개변수화 기법을 이용하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크는,

합성된 컬러 이미지의 색상을 표현하기 위한 컬러 손실함수, 상기 제1 구분자 및 제2 구분자 각각에서 파생된 서로 다른 두 개의 적대적(Adversarial) 손실함수, 및 보조 분할 네트워크에서 공간 마스크를 생성하기 위한 분할 손실 함수를 이용한 목표 함수를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템.

청구항 5

메인 네트워크의 생성자를 통해 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 단계;

메인 네트워크의 제1 구분자를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 단계;

보조 분할 네트워크를 통해 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하는 단계;

보조 분할 네트워크를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하는 단계; 및

보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 단계

를 포함하는 의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템의 동작 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크를 통해 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하는 단계는,

이진행렬을 갖는 이진 공간 마스크에 대하여 연속된 변수를 갖는 공간 마스크로 변환하기 위해 Gumbel-Softmax 재매개변수화 기법을 이용하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템의 동작 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하는 단계는,

합성된 컬러 이미지와 생성된 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 합성 가중치 컬러 이미지를 획득하고,

실측 컬러 영상과 생성된 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 실측 가중치 컬러 이미지를 획득하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템의 동작 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 단계는,

상기 합성 가중치 컬러 이미지와 상기 실측 가중치 컬러 이미지의 쌍으로 구성된 가중치 컬러 이미지를 제2 구분자에 입력하고, 상기 입력된 가중치 컬러 이미지가 실측 가중치 컬러 이미지인지 여부를 판단하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템의 동작 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 단계는,

합성된 컬러 이미지의 색상을 표현하기 위한 컬러 손실함수, 상기 제1 구분자 및 제2 구분자 각각에서 파생된 서로 다른 두 개의 적대적(Adversarial) 손실함수, 및 보조 분할 네트워크에서 공간 마스크를 생성하기 위한 분할 손실 함수를 이용한 목표 함수를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는

의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템의 동작 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 딥러닝(Deep learning)을 이용한 컴퓨터 보조 진단(Computer-aided diagnosis) 연구가 이미 많이 진행되고 있다. 특히 의료 영상 분야에서는 CNN(Convolutional neural network)을 이용하여 병변 분류나 구역화(Segmentation) 성능을 크게 발전시켰다. CNN은 이미지의 광강도 분포를 학습한다. 따라서 학습된 데이터 셋 과 완전히 다른 광강도 분포를 보이는 입력이 들어오는 경우, CNN의 성능은 크게 저하될 수밖에 없다. 이러한 문제는 의료 영상 도메인에서 특히 크게 나타난다. 의료 영상은 일상적인 이미지와 달리 그레이 스케일(Gray scale)이며, 복잡하고 디테일한 특징(feature)을 지닌다. 뿐만 아니라 의료 영상은 촬영 기계나 방사선사 의 조작 방법 등에 따라 완전히 다른 광강도를 보인다. 사실상 모든 촬영 변수를 고려한 데이터 셋을 확보하기란 불가능하며, 새로운 광강도의 데이터가 들어올 때마다 네트워크를 다시 학습하는 것 역시 비효율적인 방법이다. 이에, 학습 데이터 셋과 다른 광강도를 보이는 입력에 대하여 광강도 일반화 작업을 수행하는 기술이 요구 된다.

[0003] 이미지의 광강도를 조절하는 전통적 방법으로는 히스토그램 매칭(Histogram matching)이 있다. 그러나 히스토그램 매칭은 이미지 단위가 아닌 데이터 셋 단위로는 적용하기 어렵다는 문제점이 있다. 광강도의 일반화는 임의의 이미지 셋을 특정한 학습된 도메인으로 변환하는 작업으로 생각할 수 있으며, 이를 이미지 대 이미지 변환(Image-to-Image translation)이라 한다. 이미지 대 이미지 변환은 최근 GAN(Generative adversarial network)과 VAE(Variational auto encoder)를 이용하여 활발히 연구되고 있다.

[0004] 의료 영상에 GAN을 활용한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 많은 연구는 GAN을 이용한 합성(Synthesis)을 통한 데이터 증대(Data argumentation)에 집중되어 있었다. 또한, 대부분의 실험 데이터가 MR과 CT 이미지에 집중된 경향을 보였다. 데이터 증대는 네트워크의 훈련 과정에 있어 중요한 부분이지만, 기존 CNN 네트워크의 성능 유지와는 연관이 없다. 또한 비교적 적은 비용으로 쉽게 접근할 수 있는 X-ray 데이터에 대한 연구도 적게 나타났다.

[0005] 임상에서 의학적 영상기술 분석은 질병 진단에 중요한 역할을 하고 있다. 최근 GAN기법을 이용한 다양한 의학영상 생성 기법이 연구되고 있으나 빛의 영향을 고려한 의료 영상 컬러화의 연구는 많지 않다. 기본 GAN을 이용한 방법은 전경 객체와 배경 내용 사이의 상관 관계만 고려하고 있어 빛의 반사로 인한 효과를 고려하지 않는 단점이 있고, 이로 인해 의료 영상에서 일부 속성 정보를 누락하거나 잘못된 정보를 생성하게 된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) [1] Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation[C]//International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. Springer, Cham, 2015: 234-241.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 서로 다른 기기에서 서로 다른 시점에 촬영한 의료 영상일 경우 동일한 빛 공간 마스크(spatial mask)를 가지고 있는 특성을 고려하여 의료 이미지 컬러화를 위한 공간 마스크 기반 의료 영상 컬러화 GAN 네트워크 기법을 제공하는데 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 제안 네트워크와 제안 네트워크에서 사용되는 3가지 손실 함수를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템은 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 생성자 및 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 제1 구분자를 포함하는 메인 네트워크 및 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하고, 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 보조 분할 네트워크를 포함한다.

[0009] 상기 보조 분할 네트워크는 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하고, 상기 합성된 컬러 이미지와 상기 공

간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 합성 가중치 컬러 이미지를 획득하고, 상기 실측 컬러 영상과 상기 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 실측 가중치 컬러 이미지를 획득하고, 상기 합성 가중치 컬러 이미지와 상기 실측 가중치 컬러 이미지의 쌍으로 구성된 가중치 컬러 이미지를 제2 구분자에 입력하고, 상기 입력된 가중치 컬러 이미지가 실측 가중치 컬러 이미지인지 여부를 판단한다.

[0010] 상기 보조 분할 네트워크는 이진행렬을 갖는 이진 공간 마스크에 대하여 연속된 변수를 갖는 공간 마스크로 변환하기 위해 Gumbel-Softmax 재매개변수화 기법을 이용한다.

[0011] 상기 보조 분할 네트워크는 합성된 컬러 이미지의 색상을 표현하기 위한 컬러 손실함수, 상기 제1 구분자 및 제2 구분자 각각에서 파생된 서로 다른 두 개의 적대적(Adversarial) 손실함수, 및 보조 분할 네트워크에서 공간 마스크를 생성하기 위한 분할 손실 함수를 이용한 목표 함수를 통해 실측 컬러 이미지를 판단한다.

[0012] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크 시스템의 동작 방법은 메인 네트워크의 생성자를 통해 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 단계, 메인 네트워크의 제1 구분자를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 단계, 보조 분할 네트워크를 통해 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하는 단계, 보조 분할 네트워크를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하는 단계 및 보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예들에 따르면 서로 다른 기기에서 서로 다른 시점에 촬영한 의료 영상일 경우 동일한 빛 공간 마스크(spatial mask)를 가지고 있는 특성을 고려하여 공간 마스크 기반 의료 영상 컬러화 GAN 네트워크를 통해 의료 이미지 컬러화를 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크를 나타내는 도면이다.

[0018] 제안하는 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 GAN 네트워크는 한 개의 메인 네트워크(110)와 한 개의 보조 분할 네트워크(120)로 구성된다. 메인 네트워크(110)는 GAN 네트워크를 이용하여 한 개의 생성자(Generator; G)(111)와 한 개의 제1 구분자(Discriminator; D_1)(112)를 포함한다. 생성자(111)의 목적은 그레이 스케일 이미지(113)를 입력 받아 실측 컬러 이미지(115)와 유사한 합성된 컬러 이미지(114)를 생성하여 제1 구분자(112)를 속이는 것이며, 제1 구분자(112)의 목적은 생성자(111)가 만든 합성된 컬러 이미지(114)와 실측 컬러 이미지(115)를 구분하는 것이다. 메인 네트워크(110)와 보조 분할 네트워크(120)의 두 네트워크를 통해 실측 컬러 이미지(115)와 구분할 수 없는 합성된 컬러 이미지(114)를 만들어내는 생성자(111)를 얻을 수 있다.

[0019] 본 발명의 실시예에 따르면, 보조 분할 네트워크(120)는 UNet을 사용한다. 합성된 컬러 이미지(114)과 전경 분할(121)을 수행하여 생성된 공간 마스크(122) 간의 요소별 곱(123)을 수행하여 가중치가 부여된 합성 가중치 컬러 이미지(124)를 얻는다. 마찬가지로, 실측 컬러 영상(115)과 공간 마스크(122) 간의 요소별 곱(125)을 수행하

여 가중치가 부여된 실측 가중치 컬러 이미지(126)를 획득한다. 그런 다음 쌍으로 구성된 가중치 컬러 이미지를 제2 구분자(D_7)(127)에 입력하여 입력된 가중치 컬러 이미지가 실측 가중치 컬러 이미지인지 여부를 판단한다.

[0021] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

[0022] 본 실시예에 따른 의료영상 컬러화 시스템(200)은 프로세서(210), 버스(220), 네트워크 인터페이스(230), 메모리(240) 및 데이터베이스(250)를 포함할 수 있다. 메모리(240)는 운영체제(241) 및 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 루틴(242)을 포함할 수 있다. 프로세서(210)는 메인 네트워크(211) 및 보조 분할 네트워크(212)를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서 의료영상 컬러화 시스템(200)은 도 2의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 의료영상 컬러화 시스템(200)은 디스플레이나 트랜시버(transceiver)와 같은 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다.

[0023] 메모리(240)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(240)에는 운영체제(241)와 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 루틴(242)을 위한 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 드라이브 메커니즘(drive mechanism, 미도시)을 이용하여 메모리(240)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로부터 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체(미도시)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 아닌 네트워크 인터페이스(230)를 통해 메모리(240)에 로딩될 수도 있다.

[0024] 버스(220)는 의료영상 컬러화 시스템(200)의 구성요소들간의 통신 및 데이터 전송을 가능하게 할 수 있다. 버스(220)는 고속 시리얼 버스(high-speed serial bus), 병렬 버스(parallel bus), SAN(Storage Area Network) 및/또는 다른 적절한 통신 기술을 이용하여 구성될 수 있다.

[0025] 네트워크 인터페이스(230)는 의료영상 컬러화 시스템(200)을 컴퓨터 네트워크에 연결하기 위한 컴퓨터 하드웨어 구성요소일 수 있다. 네트워크 인터페이스(230)는 의료영상 컬러화 시스템(200)을 무선 또는 유선 커넥션을 통해 컴퓨터 네트워크에 연결시킬 수 있다.

[0026] 데이터베이스(250)는 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화를 위해 필요한 모든 정보를 저장 및 유지하는 역할을 할 수 있다. 도 2에서는 의료영상 컬러화 시스템(200)의 내부에 데이터베이스(250)를 구축하여 포함하는 것으로 도시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 시스템 구현 방식이나 환경 등에 따라 생략될 수 있고 혹은 전체 또는 일부의 데이터베이스가 별개의 다른 시스템 상에 구축된 외부 데이터베이스로서 존재하는 것 또한 가능하다.

[0027] 프로세서(210)는 기본적인 산술, 로직 및 의료영상 컬러화 시스템(200)의 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(240) 또는 네트워크 인터페이스(230)에 의해, 그리고 버스(220)를 통해 프로세서(210)로 제공될 수 있다. 프로세서(210)는 메인 네트워크(211) 및 보조 분할 네트워크(212)를 위한 프로그램 코드를 실행하도록 구성될 수 있다. 이러한 프로그램 코드는 메모리(240)와 같은 기록 장치에 저장될 수 있다.

[0028] 메인 네트워크(211) 및 보조 분할 네트워크(212)는 도 1의 단계들(110~140)을 수행하기 위해 구성될 수 있다.

[0029] 의료영상 컬러화 시스템(200)은 메인 네트워크(211) 및 보조 분할 네트워크(212)를 포함할 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 메인 네트워크(211)는 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 생성자 및 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 제1 구분자를 포함한다.

[0031] 본 발명의 실시예에 따른 메인 네트워크(211)는 GAN 네트워크를 이용하여 한 개의 생성자와 한 개의 제1 구분자를 포함한다. 생성자의 목적은 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 실측 컬러 이미지와 유사한 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 것이며, 제1 구분자의 목적은 생성자가 만든 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 것이다.

[0032] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하고, 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단한다.

[0033] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성한다.

[0034] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 이진행렬을 갖는 이진 공간 마스크에 대하여 연속된 변수를 갖는 공간 마스크로 변환하기 위해 Gumbel-Softmax 재매개변수화 기법을 이용한다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 상기 합성된 컬러 이미지와 상기 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 합성 가중치 컬러 이미지를 획득한다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 상기 실측 컬러 영상과 상기 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 실측 가중치 컬러 이미지를 획득한다.

[0037] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 상기 합성 가중치 컬러 이미지와 상기 실측 가중치 컬러 이미지의 쌍으로 구성된 가중치 컬러 이미지를 제2 구분자에 입력하고, 상기 입력된 가중치 컬러 이미지가 실측 가중치 컬러 이미지인지 여부를 판단한다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크(212)는 합성된 컬러 이미지의 색상을 표현하기 위한 컬러 손실함수, 상기 제1 구분자 및 제2 구분자 각각에서 파생된 서로 다른 두 개의 적대적(Adversarial) 손실함수, 및 보조 분할 네트워크에서 공간 마스크를 생성하기 위한 분할 손실 함수를 이용한 목표 함수를 통해 실측 컬러 이미지를 판단한다.

[0040] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 빛 기반 공간 마스크를 이용한 의료영상 컬러화 방법 메인 네트워크의 생성자를 통해 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 단계(310), 메인 네트워크의 제1 구분자를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 단계(320), 보조 분할 네트워크를 통해 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하는 단계(330), 보조 분할 네트워크를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하는 단계(340) 및 보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 단계(350)를 포함한다.

[0042] 단계(310)에서, 메인 네트워크의 생성자를 통해 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속인다.

[0043] 단계(320)에서, 메인 네트워크의 제1 구분자를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분한다.

[0044] 단계(330)에서, 보조 분할 네트워크를 통해 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성한다.

[0045] 보조 분할 네트워크를 통해 이진행렬을 갖는 이진 공간 마스크에 대하여 연속된 변수를 갖는 공간 마스크로 변환하기 위해 Gumbel-Softmax 재매개변수화 기법을 이용한다.

[0046] 단계(340)에서, 보조 분할 네트워크를 통해 상기 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여한다.

[0047] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크는 합성된 컬러 이미지와 생성된 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 합성 가중치 컬러 이미지를 획득한다.

[0048] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크는 실측 컬러 영상과 생성된 공간 마스크 사이에서 요소별 곱을 수행하여 가중치가 부여된 실측 가중치 컬러 이미지를 획득한다.

[0049] 본 발명의 실시예에 따르면, 최적화기(Optimizer)는 Adam을 사용하였다.

[0050] 공간 마스크는 대부분의 배경 콘텐츠가 마스크된 합성 가중치 컬러 이미지를 얻기 위한 합성 컬러 이미지에 작용하기 위해 사용된다. 공간 마스크는 경계 박스 영역 내의 픽셀만 0이 아닌 이진행렬이다. 공간 마스크 M_s는 합성된 컬러 영상과 동일한 공간 크기를 갖는다. 이를 식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

[0051] $$M_s(i,j) = \begin{cases} 1, & S[\hat{x}(i,j)] \geq 0.5 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$ 식 (1)

[0052] 여기서는 S는 전경(foreground) 분할 네트워크를 나타내며, i와 j는 각각 이미지의 수직 및 수평 인덱스를 나타낸다. 그러나 훈련 중에 이진 공간 마스크는 미분이 불가능하다. 본 발명의 실시예에 따르면, Gumbel-Softmax 재매개변수화 기법(reparameterization technique)을 사용하여 이산 이진 공간 마스크를 연속된 변수로 변경한다.

[0053] $$M_s = \arg\max_k \left(\log\left(P_s^k\right) + g_k\right), \forall k = 0, 1$$ 식 (2)

[0054] $\{g_k\}_{k=\{0,1\}}$은 Gumbel 분포를 따르는 랜덤 변수이다. 연속된 공간 마스크 M_s를 만들기 위해 불연속 함수 argmax를 softmax로 교체한다. 그런 다음, Gumbel-Softmax 이완의 이진 학습 가능한 공간 마스크는 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0055] $$M_s = \frac{\exp\left(\frac{\log\left(P_s^1\right)+g_1}{\tau}\right)}{\Sigma_{k\in\{0,1\}}\exp\left(\frac{\log\left(P_s^k\right)+g_k}{\tau}\right)}$$ 식 (3)

[0056] $\tau \in (0, \infty)$는 온도 매개 변수이다. Gumbel Softmax 분포는$\tau \to \infty$ 때 균일한 분포가 된다. 반대로 Gumbel Softmax 분포의 표본은 one-hot이 된다.

[0057] 단계(350)에서, 보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단한다.

[0058] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크는 상기 합성 가중치 컬러 이미지와 상기 실측 가중치 컬러 이미지의 쌍으로 구성된 가중치 컬러 이미지를 제2 구분자에 입력하고, 상기 입력된 가중치 컬러 이미지가 실측 가중치 컬러 이미지인지 여부를 판단한다.

[0059] 본 발명의 실시예에 따른 보조 분할 네트워크는 합성된 컬러 이미지의 색상을 표현하기 위한 컬러 손실함수, 상기 제1 구분자 및 제2 구분자 각각에서 파생된 서로 다른 두 개의 적대적(Adversarial) 손실함수, 및 보조 분할 네트워크에서 공간 마스크를 생성하기 위한 분할 손실 함수를 이용한 목표 함수를 통해 실측 컬러 이미지를 판단한다.

[0060] 본 발명의 실시예에 따른 컬러 손실 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0061] 우선, x^y는 YUV 색 공간에서 입력 이미지 x의 휘도(Y)를 나타내며 x^{uv}는 색도(UV)를 나타낸다. 합성된 이미지의 색상을 표현하기 위해 L1 손실함수를 기반으로 색상 손실을 표현한다. 컬러 손실 함수를 식으로 표현하면 식 (4)와 같다.

[0062] $$L_{col} = \mathbb{E}[\|G(x^y) - x^{uv}\|_1 + \|G(x^y) \odot M_s - x^{uv} \odot M_s\|_1]$$ 식 (4)

[0063] 이 함수에서 $\odot$는 요소 곱(element-wise product)를 나타내며 $\|\cdot\|_1$는 L1 norm를 나타낸다. 컬러 손실은 컬러화 모델이 그레이 스케일 값과 색도 값 사이의 매핑을 학습하게 한다.

[0064] 본 발명의 실시예에 따른 적대적 손실 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0065] 본 발명에서는 컬러 손실 이외에도 적대적 손실라는 개념을 도입한다. 입력 그레이 스케일 이미지에서 대상과 같은 컬러화 된 이미지를 생성하기 위해, 각각 두 개의 구분자 D1()과 D2()에서 파생된 두 개의 추가적인 적대적 손실 함수를 사용한다. 적대적 손실 함수를 식으로 나타내면 식 (5)과 같다.

[0066] $$\begin{aligned} L_{adv} &= L_{gan1} + L_{gan2}, \\ L_{gan1} &= \mathbb{E}[\log D_1(x) + \mathbb{E}[\log(1 - D_1(fc(G(x^y), x^y)))], \\ L_{gan2} &= \mathbb{E}[\log D_2(x \odot M_s) + \mathbb{E}[\log(1 - D_2(fc(G(x^y), x^y) \odot M_s))] \end{aligned}$$ 식 (5)

[0067] 그 중 D는 네트워크 구분자를 나타내고, $f_c(\cdot)$은 이미지를 재생성하기 위해 휘도와 색차를 연결하는데 사용되는

연결 함수를 나타낸다.

[0068] 본 발명의 실시예에 따른 분할 손실 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0069] 전경 분할 태스크에서, 전경 분할을 수행하기 위해 U-Net[1]을 적용한다. 공간 마스크는 보조 분할 네트워크에서 생성된다. 분할 손실을 식으로 표현하면 식 (6)와 같다.

[0070] $$L_{seg} = \mathbb{E}\left[m\left[-\log\left(p\right)\right] + \left(1-m\right)\left[-\log\left(1-p\right)\right]\right] \quad \text{식 (6)}$$

[0071] 식 (6)에서 $p = S(fc(G(x^y), x^y))$ 은 전경 분할의 출력이다. m은 전경 분할의 실측 이미지를 나타낸다(즉, 배경 영역의 경우 0, 전경 영역의 경우 1).

[0072] 본 발명의 실시예에 따른 최종 목표함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0073] 컬러 손실함수, 적대적 손실함수 및 분할 손실 함수를 통합하여 제안 방법의 최종 목표 함수를 얻을 수이다. 이를 식으로 나타내면 식 (7)와 같다.

[0074] $$L_{total} = L_{gan} + \lambda_{col}L_{col} + \lambda_{seg}L_{seg} \quad \text{식 (7)}$$

[0075] 식 (7)에서 λ_{col} 와 λ_{seg} 은 각각 균형 파라미터이다.

[0077] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0078] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

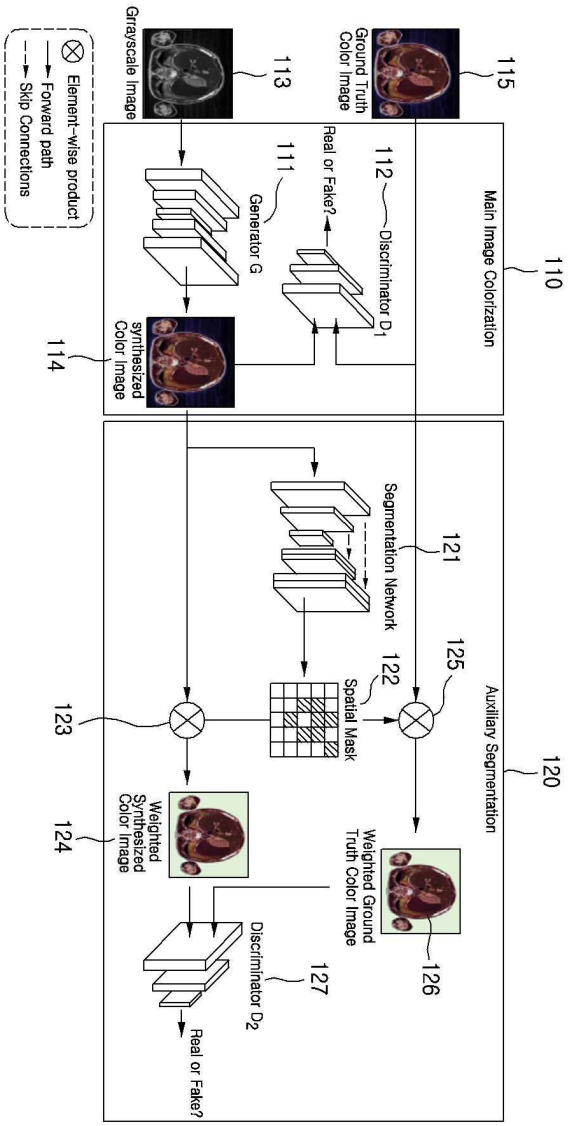
[0079] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0080] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

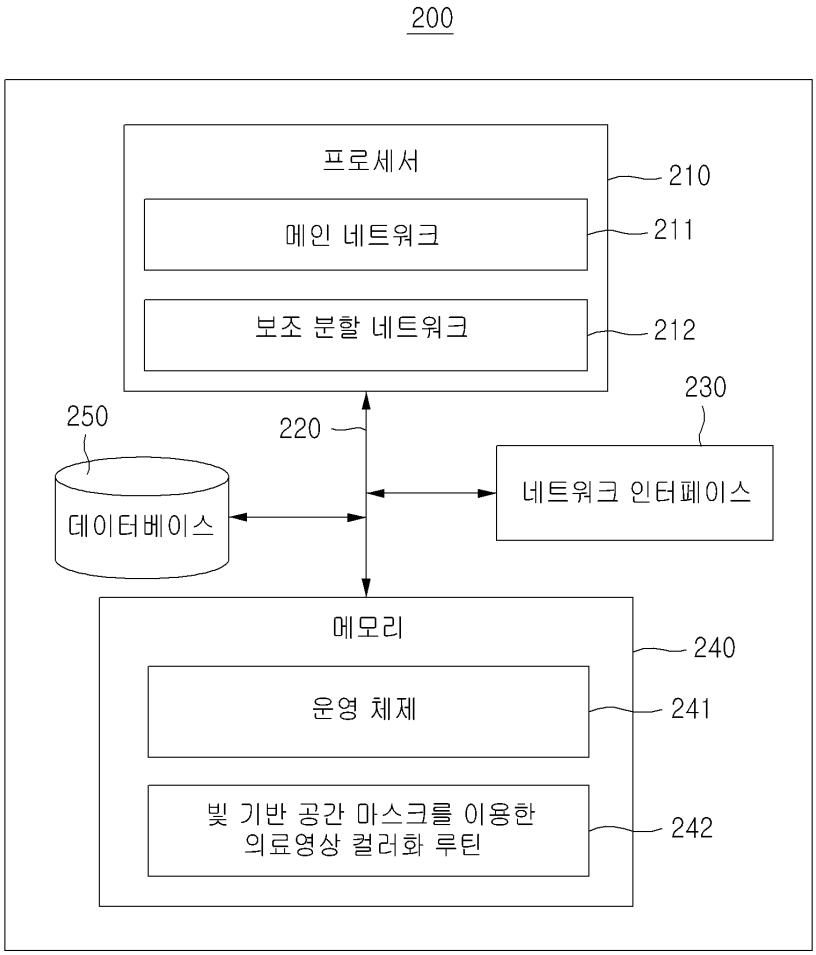
[0081] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

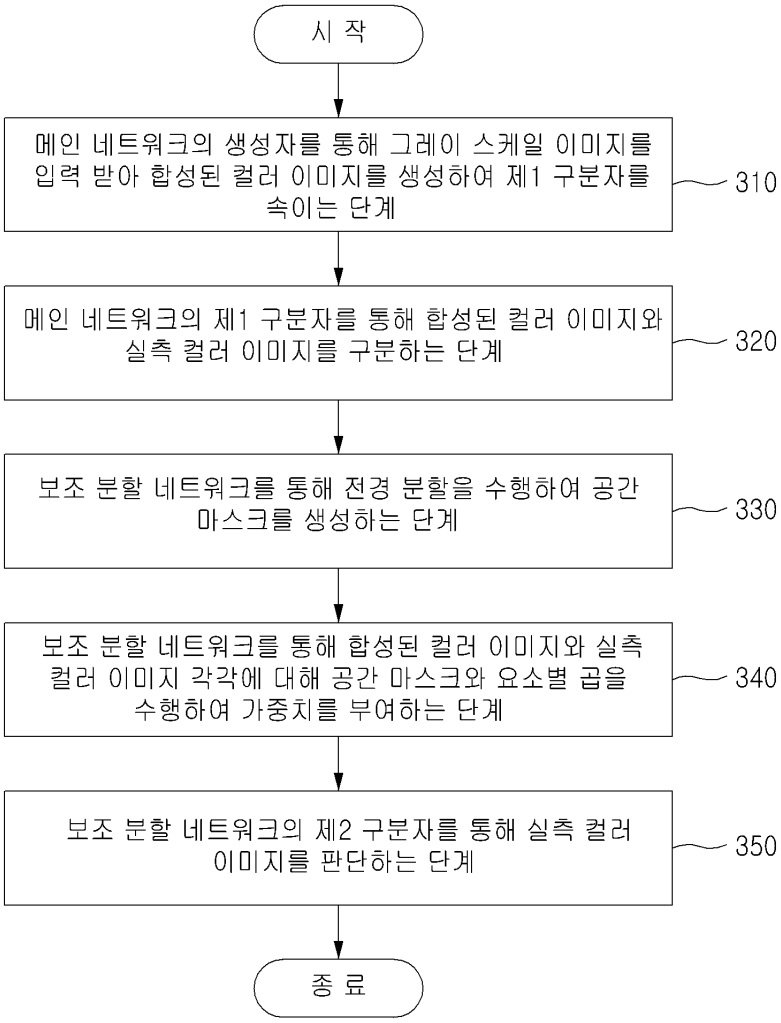
도면1



도면2


200
프로세서
210
메인 네트워크
211
보조 분할 네트워크
212
230
250
220
네트워크 인터페이스
데이터베이스
메모리
240
운영 체제
241
빛 기반 공간 마스크를 이용한
의료영상 컬러화 루틴
242

도면3


시 작
메인 네트워크의 생성자를 통해 그레이 스케일 이미지를 입력 받아 합성된 컬러 이미지를 생성하여 제1 구분자를 속이는 단계
310
메인 네트워크의 제1 구분자를 통해 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지를 구분하는 단계
320
보조 분할 네트워크를 통해 전경 분할을 수행하여 공간 마스크를 생성하는 단계
330
보조 분할 네트워크를 통해 합성된 컬러 이미지와 실측 컬러 이미지 각각에 대해 공간 마스크와 요소별 곱을 수행하여 가중치를 부여하는 단계
340
보조 분할 네트워크의 제2 구분자를 통해 실측 컬러 이미지를 판단하는 단계
350
종 료