



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0094086
(43) 공개일자 2024년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G16H 30/20 (2018.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/055 (2006.01) G06N 3/04 (2023.01)
G06N 3/08 (2023.01) G06T 7/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G16H 30/20 (2018.01)
A61B 5/0033 (2018.08)

(21) 출원번호 10-2022-0159505

(22) 출원일자 2022년11월24일

심사청구일자 2022년11월24일

(71) 출원인

서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

예성준

서울특별시 중구 청파로 464, 102동 2304호 (충림동, 브라운스톤서울)

나윤호

서울특별시 서초구 효령로53길 24, 102동 1003호 (서초동, 디아레나 서초)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

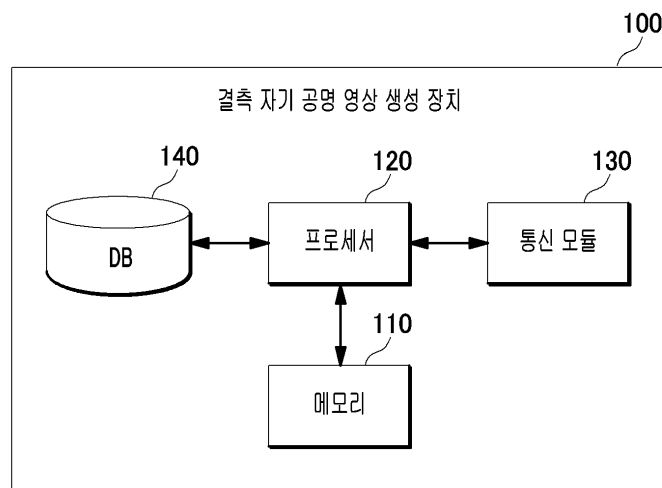
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **결측 자기 공명 영상의 생성 장치 및 방법**

(57) 요약

본 발명에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 장치는, 결측 데이터 생성 프로그램이 저장된 메모리; 및 상기 결측 데이터 생성 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되, 상기 결측 데이터 생성 프로그램은 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 스타일 인코더, 추출된 상기 스타일 벡터들로부터 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 스타일 매퍼, 및 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 상기 스타일 매퍼에서 추론된 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 학습 모델을 포함하는 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/055 (2022.01)
G06N 3/0427 (2013.01)
G06N 3/088 (2023.01)
G06T 7/0014 (2013.01)
G06T 2207/10088 (2013.01)

김휘영

서울특별시 성동구 왕십리로 80, 13동 608호 (성수동1가, 동아아파트)

(72) 발명자

김규리

서울특별시 송파구 올림픽로 435, 309동 2704호 (신천동, 파크리오)

이지민

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 401동 801호 (언양읍, 울산과학기술원)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1465036494
과제번호	HI21C1161030022
부처명	보건복지부
과제관리(전문)기관명	한국보건산업진흥원
연구사업명	의료데이터 보호·활용 기술개발
연구과제명	인공지능 기반 희귀뇌질환 영상 합성데이터 생성기술 및 진단보조 기술 개발
기 여 율	60/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711138607
과제번호	KMDF_PR_20200901_0269-02
부처명	법부처
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업
연구과제명	(참여1)인공지능 기반 의료기기 성능 평가 기술 국제 표준 개발
기 여 율	30/100
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711163993
과제번호	2021R1F1A1057818
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	두경부암/전립선암 방사선치료를 위한 딥러닝 기반 컴퓨터 단층영상 금속인공음영 제거 기술 연구
기 여 율	5/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711152473
과제번호	2020-0-01336-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	인공지능대학원지원(울산과학기술원)
기 여 율	5/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

결측 자기 공명 영상 생성 장치에 있어서,

결측 데이터 생성 프로그램이 저장된 메모리; 및

상기 결측 데이터 생성 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되,

상기 결측 데이터 생성 프로그램은 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 스타일 인코더, 추출된 상기 스타일 벡터들로부터 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 스타일 매퍼, 및 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 상기 스타일 매퍼에서 추론된 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 학습 모델을 포함하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 학습 모델은 생성적 적대 신경망(GAN)을 기초로 학습된 것으로서, 상기 결측 영상 시퀀스를 생성하는 생성자 및

실제 자기 공명 영상을 기초로 상기 생성자가 출력한 영상의 진위 여부를 판별하는 판별자를 포함하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 생성자는 병변 영역을 나타내는 마스크를 추가로 인코딩하여, 병변 영역이 반영된 상기 결측 영상 시퀀스를 생성하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 스타일 매퍼는 상기 생성적 적대 신경망의 반복 학습에 따라, 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하도록 학습되는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 장치.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 생성자는

자기 공명 영상의 특징과 병변 영역을 나타내는 마스크의 특징을 컨볼루션 계층에 통과시킨 출력을 기초로 생성된 어텐션 맵과

상기 자기 공명 영상의 특징을 라플라시안 필터에 통과시켜 추출한 윤곽선 정보를 다시 컨볼루션 계층에 통과시킨 출력을 상기 어텐션 맵과 병합하여 생성한 라플라시안 필터 어텐션 모듈을 더 포함하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 장치.

청구항 6

결측 자기 공명 영상 생성 장치를 이용한 결측 자기 공명 영상 생성 방법에 있어서,

(a) 스타일 인코더를 통해, 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 단계;

(b) 스타일 매퍼를 통해, 추출된 상기 스타일 벡터들로부터 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 단계;

및

(c) 학습 모델을 통해, 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 추론된 상기 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 단계를 포함하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 (c) 단계는 생성적 적대 신경망(GAN)을 기초로 학습된 상기 학습 모델의 생성자를 통해 결측 영상 시퀀스를 생성하고,

상기 학습 모델의 판별자를 통해 실제 자기 공명 영상을 기초로 상기 생성자가 출력한 영상의 진위 여부를 판별하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 생성자를 통해 병변 영역을 나타내는 마스크를 추가로 인코딩하여, 병변 영역이 반영된 상기 결측 영상 시퀀스를 생성하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 스타일 매핑은 상기 생성적 적대 신경망의 반복 학습에 따라, 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하도록 학습되는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 생성자는

자기 공명 영상의 특징과 병변 영역을 나타내는 마스크의 특징을 컨볼루션 계층에 통과시킨 출력을 기초로 생성된 어텐션 맵과

상기 자기 공명 영상의 특징을 라플라시안 필터에 통과시켜 추출한 윤곽선 정보를 다시 컨볼루션 계층에 통과시킨 출력을 상기 어텐션 맵과 병합하여 생성한 라플라시안 필터 어텐션 모듈을 더 포함하는 것인, 결측 자기 공명 영상 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인공지능에 기반하여 결측 자기 공명 영상을 생성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 의료영상을 다루는 인공지능은 학습을 위해 다양하고 많은 양의 영상을 획득하는 것이 필수적인데 복잡한 의료 시스템 및 법적인 문제로 인해 영상의 획득이 어렵다는 단점이 존재한다. 또한, 각 기관에서 생성한 의료영상은 기관마다 다른 프로토콜로 인해 차이점을 보이고 있어, 이를 활용하기 어려운 점도 존재한다.

[0003] 특히, 자기 공명 영상의 경우 T1 강조 영상, T2 강조 영상, FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) 영상, T1Gd 영상 등 다양한 종류의 영상 시퀀스를 포함하는데, 종종 이중의 어느 한 영상 시퀀스가 촬영되지 않았거나 다른 이유로 인해 결측되는 경우가 발생할 수 있다.

[0004] 본 발명에서는 이와 같이, 결측된 영상 시퀀스를 생성할 수 있는 결측 자기 공명 영상의 생성 기술에 대해 제안한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2219890호 (발명의 명칭: 딥러닝을 이용한 의료영상의 공간 정규화 장치 및 그 방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여, 생성적 적대 신경망(GAN)을 이용하여 결측 영상을 생성할 수 있는 결측 자기 공명 영상 생성 장치 및 방법을 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.
- [0007] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 장치는, 결측 데이터 생성 프로그램이 저장된 메모리; 및 상기 결측 데이터 생성 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되, 상기 결측 데이터 생성 프로그램은 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 스타일 인코더, 추출된 상기 스타일 벡터들로부터 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 스타일 매퍼, 및 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 상기 스타일 매퍼에서 추론된 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 학습 모델을 포함하는 것이다.
- [0009] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 장치를 이용한 결측 자기 공명 영상 생성 방법은, 스타일 인코더를 통해, 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 단계; 스타일 매퍼를 통해, 추출된 상기 스타일 벡터들로부터 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 단계; 학습 모델을 통해, 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 추론된 상기 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0010] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 따르면, 결측된 자기 공명 영상의 시퀀스를 효과적으로 합성할 수 있다. 또한, 합성된 시퀀스를 이용하여 완전한 데이터셋을 구축 가능할 수 있으며, 이를 통해 다른 의료 인공지능 알고리즘의 학습에 이용하여 의료 인공지능 연구 개발의 보조수단으로 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 데이터 생성 프로그램의 상세 구성을 도시한 것이다.
- 도 3과 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 스타일 인코더와 스타일 매퍼의 상세 구성을 도시한 도면이다.
- 도 5와 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 생성자의 상세 구성을 도시한 도면이다.
- 도 7는 본 발명의 일 실시예에 따른 라플라시안 필터 어텐션 모듈의 상세 구성을 도시한 것이다.
- 도 8과 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 판별자의 상세 구성을 도시한 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다. 다만, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서 설명하는 실시예들로 한정되는 것은 아니다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서

에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 도면에 나타난 각 구성요소의 크기, 형태, 형상은 다양하게 변형될 수 있다. 명세서 전체에 대하여 동일/유사한 부분에 대해서는 동일/유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0013] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부" 등은 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략하였다.
- [0014] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉 또는 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결(접속, 접촉 또는 결합)"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결(접속, 접촉 또는 결합)"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함(구비 또는 마련)"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 "포함(구비 또는 마련)"할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0015] 본 명세서에서 사용되는 제1, 제2 등과 같이 서수를 나타내는 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 구성요소들의 순서나 관계를 제한하지 않는다. 예를 들어, 본 발명의 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2구성요소도 제1구성요소로 명명될 수 있다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- [0017] 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 장치(100)에 대해 설명한다. 결측 자기 공명 영상 생성 장치(100)는 결측 데이터 생성 프로그램을 통해, 입력 자기 공명 영상에서 결측된 영상 시퀀스를 새롭게 합성하는 동작을 수행한다. 이를 위해, 결측 데이터 생성 프로그램은 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 스타일 인코더, 추출된 상기 스타일 벡터들로부터 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 스타일 매퍼, 및 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 스타일 매퍼에서 추론된 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 학습 모델을 포함한다. 이와 같은, 결측 데이터 생성 프로그램은 메모리(110)에 저장되고, 프로세서(120)에 의해 실행된다.
- [0018] 한편, 결측 자기 공명 영상 생성 장치(100)는 네트워크에 접속할 수 있는 컴퓨터나 휴대용 단말기로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(desktop), 랩톱(laptop) 등을 포함하고, 휴대용 단말기는 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, 각종 스마트폰, 태블릿 PC, 스마트 워치 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있다. 또한, 결측 자기 공명 영상 생성 장치(100)는 합성된 자기 공명 영상 데이터 제공을 제공하는 서버로서 기능할 수 있으며, 이때 서버는 SaaS (Software as a Service), PaaS (Platform as a Service) 또는 IaaS (Infrastructure as a Service)와 같은 클라우드 컴퓨팅 서비스 모델에서 동작하거나, 사설(private) 클라우드, 공용(public) 클라우드 또는 하이브리드(hybrid) 클라우드와 같은 형태로 구축될 수 있다.
- [0019] 메모리(110)는 앞서 설명한 결측 데이터 생성 프로그램이 저장된다. 메모리(110)는 전원이 공급되지 않아도 저장된 정보를 계속 유지하는 비휘발성 저장장치 및 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력을 필요로 하는 휘발성 저장장치를 통칭하는 것으로 해석되어야 한다. 메모리(110)는 프로세서(120)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 메모리(110)는 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장장치 외에 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0020] 그리고, 프로세서(120)는 메모리(110)에 저장된 결측 데이터 생성 프로그램을 실행하여 결측 영상 시퀀스가 추가된 자기 공명 영상 데이터를 생성한다. 본 실시예에서, 프로세서(120)는 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 형태로 구현될 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0021] 통신 모듈(130)은 외부 컴퓨팅 장치 또는 MRI 장치 등과 데이터를 송수신할 수 있다. 통신 모듈(130)은 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치일 수 있다.
- [0022] 데이터베이스(140)는 프로세서(120)의 제어에 따라, 결측 데이터 생성 프로그램의 실행에 필요한 데이터를 저장

한다. 이러한 데이터베이스(140)는 메모리(110)와는 별도의 구성 요소로서 포함되거나, 또는 메모리(110)의 일부 영역에 구축될 수도 있다. 또한, 데이터베이스(140)는 스타일 인코더, 스타일 매퍼 또는 학습 모델의 구축에 활용되는 학습 데이터가 저장될 수 있고, 새로운 학습 데이터에 의해 갱신된 학습 모델에 대한 정보도 저장할 수 있다.

[0023] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 데이터 생성 프로그램의 상세 구성을 도시한 것이다.

[0024] 결측 데이터 생성 프로그램(200)은 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출하는 스타일 인코더(210), 추출된 스타일 벡터들로부터 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하는 스타일 매퍼(220), 및 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 스타일 매퍼에서 추론된 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성하는 학습 모델을 포함한다. 이때, 학습 모델은 생성적 적대 신경망(GAN)을 기초로 학습된 것으로서, 결측 영상 시퀀스를 생성하는 생성자(230) 및 결측이 없는 자기 공명 영상을 기초로 생성자(230)가 출력한 영상의 진위 여부를 판별하는 판별자(240)를 포함한다.

[0025] 도 3과 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 스타일 인코더와 스타일 매퍼의 상세 구성을 도시한 도면이다.

[0026] 스타일 인코더(210)는 자기 공명 영상에 포함된, 복수의 각 영상 시퀀스($x_1, x_2, \dots, x_n$)별로 스타일 벡터($v_1, v_2, \dots, v_n$)를 추출한다. 예를 들면, 각 영상 시퀀스는 T1 강조 영상, T2 강조 영상, FLAIR 영상, T1Gd 영상에 각각 대응될 수 있다.

[0027] 스타일 인코더(210)는 도시된 바와 같이, 다수의 컨볼루션 계층이 배치될 수 있다. 스타일 인코더(210)에서 추출된 스타일 벡터는 스타일 매퍼(220)로 전달되는데, 스타일 매퍼(220)는 입력 자기 공명 영상 중 어느 영상 시퀀스가 결측된 경우, 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하도록 학습된 것이다. 구체적인 학습 과정은 후술하겠지만, 생성적 적대 신경망의 반복 학습에 따라, 생성자(230)가 보다 실제 자기 공명 영상과 동일한 자기 공명 영상을 생성하도록, 스타일 매퍼(220)가 결측된 영상 시퀀스를 나타내는 스타일 벡터를 추론하게 된다.

[0028] 도 5와 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 생성자의 상세 구성을 도시한 도면이다.

[0029] 생성자(230)는 결측 영상 시퀀스를 생성하는 것으로서, 기본적으로 입력 자기 공명 영상에 포함된 각 영상 시퀀스를 인코딩하는 인코더(232)를 포함한다. 인코더(232)는 다수의 컨볼루션 계층이 배치된 것으로, 이를 통해 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 임베딩 벡터를 생성할 수 있다. 디코더(236)는 인코더(232)로부터 수신한 임베딩 벡터로부터 자기 공명 영상을 생성한다. 이때, 디코더(236)는 인코더(232)로부터 수신한 임베딩 벡터와, 스타일 매퍼(220)로부터 수신한 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 이용하여, 결측 영상 시퀀스를 생성할 수 있다. 또한, 디코더(236)는 AdaIN (Adaptive Instance Normalization)을 통해서 스타일 매퍼(220)로부터 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 입력으로 수신할 수 있다.

[0030] 또한, 생성자(230)는 마스크 인코더(234)를 더 포함할 수 있는데, 이는 종양과 같은 병변 영역을 나타내는 마스크를 인코딩하는 것으로서, 이를 기초로 임베딩 벡터를 생성하여 디코더(236)로 전송할 수 있다. 이에 따라, 디코더(236)는 병변 영역이 반영된 결측 영상 시퀀스를 생성할 수 있다. 이때, 병변 영역을 나타내는 마스크는 자기 공명 영상에 기초하여 전문가에 의해 미리 설정된 것이거나, 기타 다른 세그멘테이션 알고리즘을 통해 자기 공명 영상으로부터 자동 추출된 것일 수 있다. 한편, 도시된 바와 같이, 인코더(232)와 마스크 인코더(234)는 동일한 상세 구조를 가질 수 있다.

[0031] 또한, 생성자(230)는 라플라시안 필터 어텐션 모듈(Laplacian filter attention module, 237)을 더 포함할 수 있다.

[0032] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 라플라시안 필터 어텐션 모듈의 상세 구성을 도시한 것이다.

[0033] 어텐션 모듈(237)은 인코더(232)를 통해 수신한 자기 공명 영상의 특징과 마스크 인코더(234)를 통해 수신한 마스크의 특징을 각각 컨볼루션 계층에 통과시키고, 그 결과를 소프트맥스 연산을 통해 합산하여 확률값의 형태로 출력하며, 이에 의해 어텐션 맵(attention map)이 생성된다.

[0034] 한편, 인코더(232)를 통해 수신한 자기 공명 영상의 특징은 다른 한편으로는 라플라시안 필터에 입력되는데, 이는 영상의 윤곽선 등을 추출하는 것으로, 이에 의해 자기 공명 영상의 대상체(예를 들면, 뇌나 심장 등)의 구조적 정보를 추출할 수 있다. 이와 같은, 대상체의 윤곽선 정보는 다시 컨볼루션 계층을 통과한 후 어텐션 맵의 정보와 합산되어, 최종적으로 라플라시안 어텐션 맵이 생성된다.

[0035] 도 7에 도시된 바와 같이, 인코더(232)와 마스크 인코더(234)를 구성하는 각 블록별로 어텐션맵이 생성될 수 있

으며, 이는 디코더(236)의 각각의 블록에 입력되어 결측 영상의 생성에 도움을 준다.

[0036] 도 8과 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 판별자의 상세 구성을 도시한 도면이다.

[0037] 판별자(240)는 결측이 없는 실제 자기 공명 영상과 생성자(230)를 통해 합성한 결측 영상의 진위 여부를 판별한다. 이와 같이, 생성과 판별의 과정을 교차하여 반복적으로 수행함으로써, 실제 영상과 거의 동일한 수준의 영상이 생성되도록 한다.

[0038] 이때, 병변 영역을 나타내는 마스크를 추가로 고려하여, 영상을 생성하고 판별하도록 한다.

[0039] 즉, 도 8에 도시된 바와 같이, 실제 자기 공명 영상과 병변 영역을 나타내는 마스크를 연결(concatenate)한 것과, 생성자(230)를 통해 생성한 결측 영상 시퀀스와 병변 영역을 나타내는 마스크를 연결한 것을 각각 컨볼루션 계층에 입력하여, 각 영상의 차이를 판별하도록 한다.

[0040] 한편, 이와 같은 학습 과정에서 사용되는 목적함수에 대해 살펴보기로 한다.

[0041] 본 발명에 따른 목적함수는 크게 결측 영상 생성을 위한 목적 함수, 스타일 벡터 생성을 위한 목적 함수 및 적대적 손실(adversarial loss)함수로 구분될 수 있다.

[0042] 예를 들어, 자기 공명 영상 데이터가 복수의 영상 시퀀스를 포함하고, 그 중 어느 하나(x_{κ})가 결측된 것이라고 가정한다.

[0043] 이때, 생성자(230)를 통해 결측 영상 시퀀스를 합성하기 위한 목적함수는 다음과 같이 정의될 수 있다.

[0044] [수학식 1]

$$L_{mcc-img,\kappa} = \sum_{\kappa' \neq \kappa} \|x_{\kappa'} - \tilde{x}_{\kappa'|\kappa}\|_1$$

$$\tilde{x}_{\kappa'|\kappa} = G(\{\hat{x}_{\kappa}\}^C, m, \tilde{s}_{\kappa'}; \kappa')$$

[0045] $\tilde{x}_{\kappa}$ 는 생성된 결측 영상 시퀀스를 나타내고, $\hat{x}_{\kappa}$ 는 이전에 합성된 결측 영상 시퀀스를 나타내고, $\{\hat{x}_{\kappa}\}^C$ 는 결측되지 않은 나머지 영상 시퀀스를 나타냄.

[0047] 또한, 스타일 벡터 생성을 위한 목적 함수는 수학식 2와 같이 정의될 수 있다. 이때, 스타일 벡터의 여러 도메인에 대한 일관성을 확보하기 위해 스타일 벡터에 대해 동일한 다중 주기 일관성을 적용한다.

[0048] [수학식 2]

$$L_{mcc-sty,\kappa} = \sum_{\kappa' \neq \kappa} \|s_{\kappa'} - \tilde{s}_{\kappa'|\kappa}\|_1$$

$$\tilde{s}_{\kappa'|\kappa} = E(\{\hat{x}_{\kappa}\}^C; \kappa')$$

$$L_{sty} = \mathbb{E}_{x \sim p(x)} [\|E(x_{\kappa}) - M(E(\{\hat{x}_{\kappa}\}^C))\|_1]$$

[0051] 또한, 적대적 손실 함수는 다음과 같이 제시될 수 있다.

[0052] [수학적식 3]

$$\min_G \max_D \mathbb{E}_{x_\kappa \sim p(x)} [\log D(x_\kappa, m)] + \mathbb{E}_{x_\kappa^C \sim p(x)} [1 - \log D(G(x_\kappa^C, m, \hat{s}; \kappa), m)]$$

[0053]

[0054] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 방법을 도시한 순서도이다.

[0055] 먼저, 결측 자기 공명 영상 생성 장치(100)는 스타일 인코더를 통해, 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스 별로 스타일 벡터를 추출한다(S110).

[0056] 다음으로, 스타일 매퍼를 통해, 추출된 스타일 벡터들로부터 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론한다(S120). 이를 위해, 스타일 매퍼는 생성적 적대 신경망의 반복 학습에 따라, 결측된 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 추론하도록 학습된다.

[0057] 다음으로, 학습 모델을 통해, 입력 자기 공명 영상의 각 영상 시퀀스와 추론된 상기 결측 영상 시퀀스의 스타일 벡터를 기초로 결측 영상 시퀀스를 생성한다(S130). 이때, 학습 모델은 생성적 적대 신경망(GAN)으로서, 생성자를 통해 결측 영상 시퀀스를 생성하고, 판별자를 통해 실제 자기 공명 영상을 기초로 생성자가 출력한 영상의 진위 여부를 판별한다. 이와 같은, 생성자와 판별자의 동작이 교차하여 반복 수행됨으로써, 결측 영상 시퀀스의 품질을 향상시킬 수 있다. 한편, 생성자를 통해 병변 영역을 나타내는 마스크를 추가로 인코딩하여, 병변 영역이 반영된 결측 영상 시퀀스를 생성할 수 있다.

[0058] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 결측 자기 공명 영상 생성 방법의 실험 결과를 도시한 도면이다.

[0059] 도시된 바와 같이, 결측 영상 시퀀스가 있는 경우, 이를 각각 새롭게 합성(synthesized)한 영상을 확인할 수 있으며, 이는 실제 영상(ground truth)가 거의 동일하거나, 매우 유사함을 확인할 수 있었다.

[0060] 본 발명은 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 매체를 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.

[0061] 또한, 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0062] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 상술한 설명을 기초로 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 이해되어야만 한다. 본 발명의 범위는 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

[0063] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0064] 100: 결측 자기 공명 영상 생성장치

110: 메모리

120: 프로세서

130: 통신모듈

200: 결측 데이터 생성 프로그램

210: 스타일 인코더

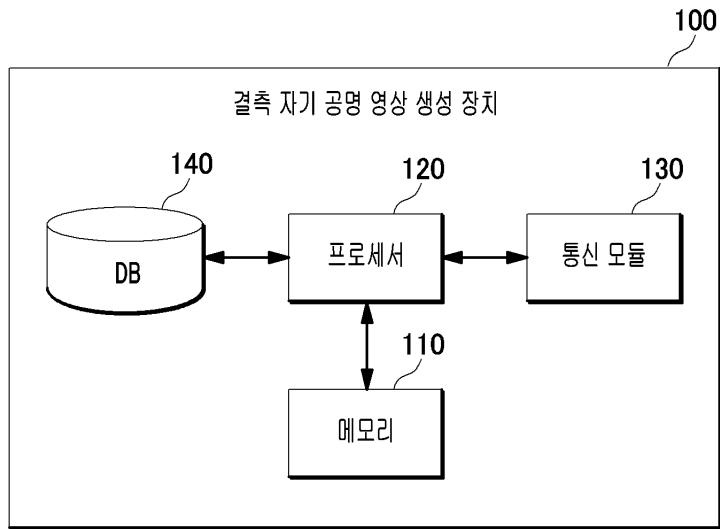
220: 스타일 매퍼

230: 생성자

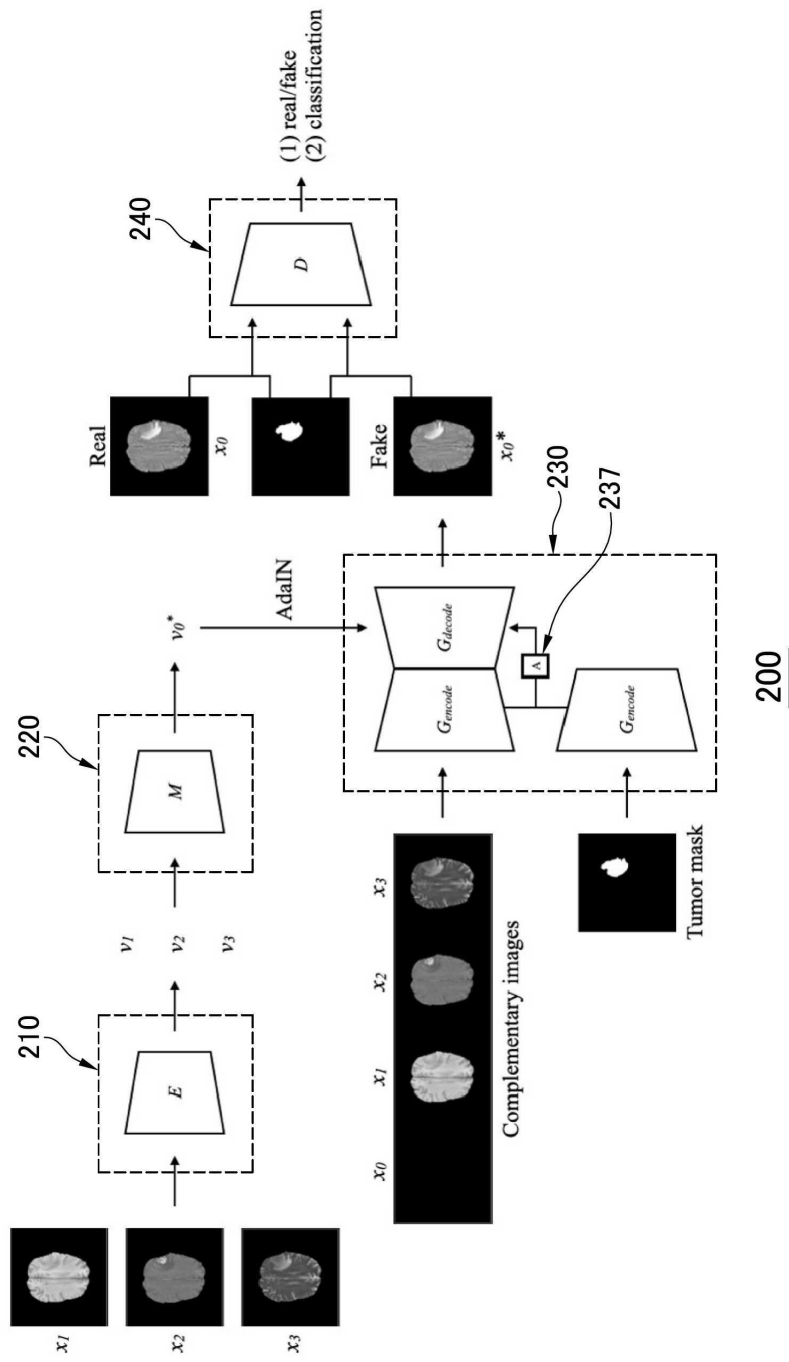
240: 판별자

도면

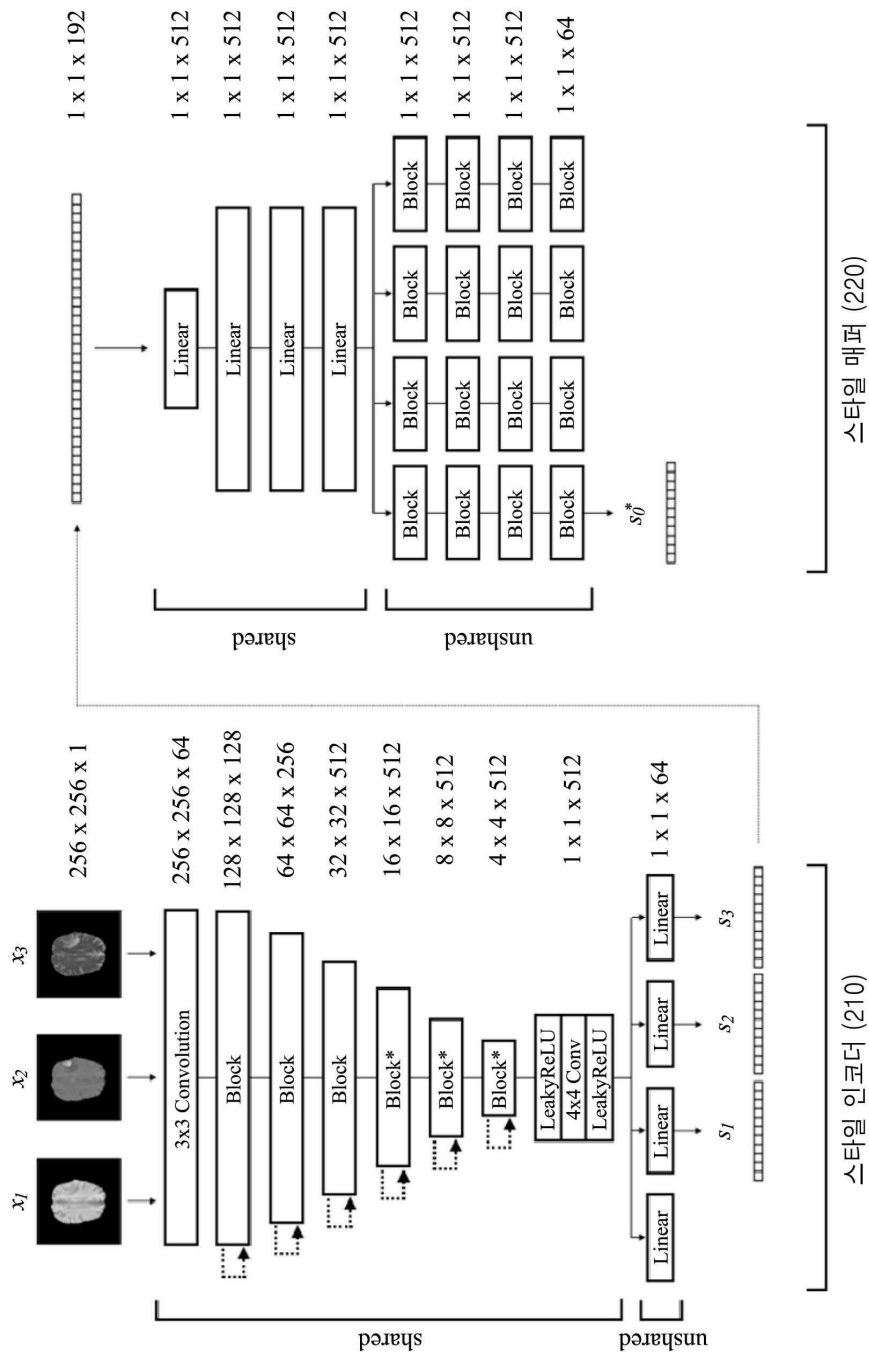
도면1



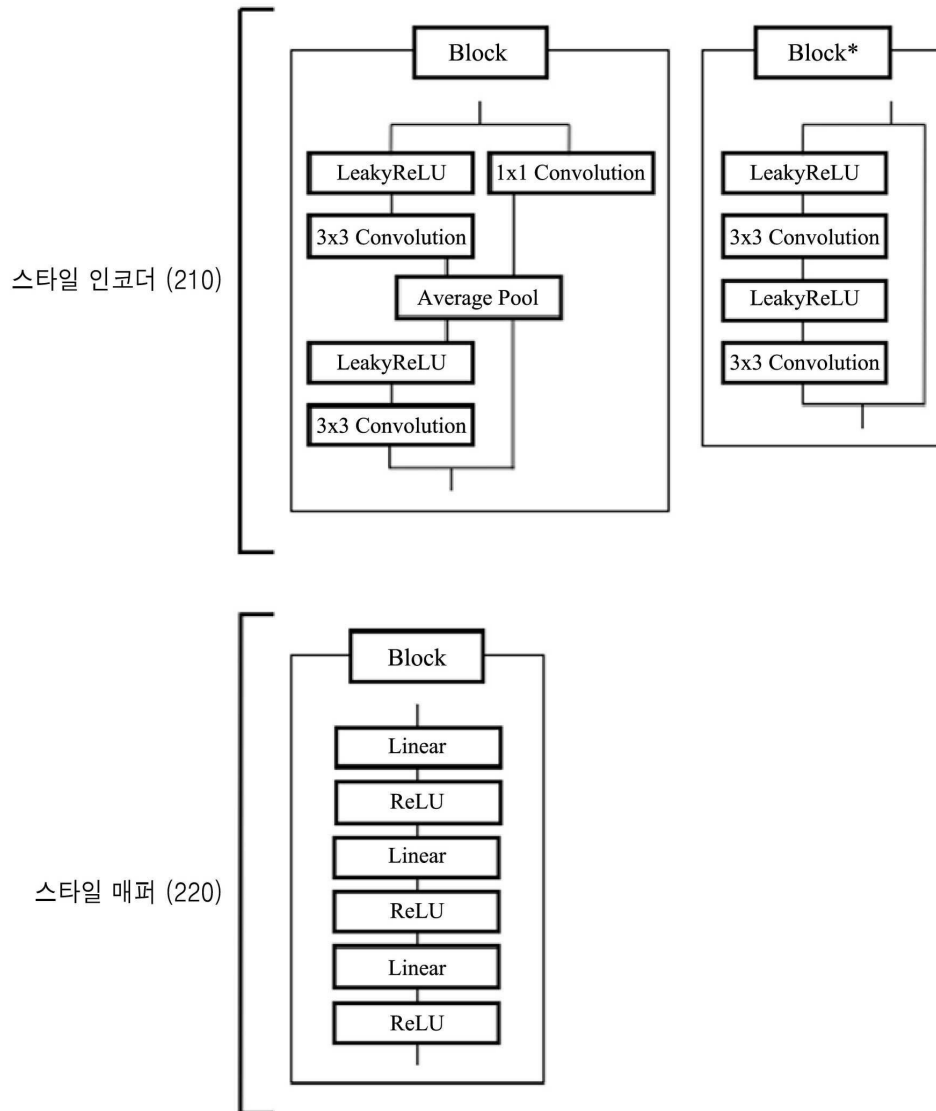
도면2



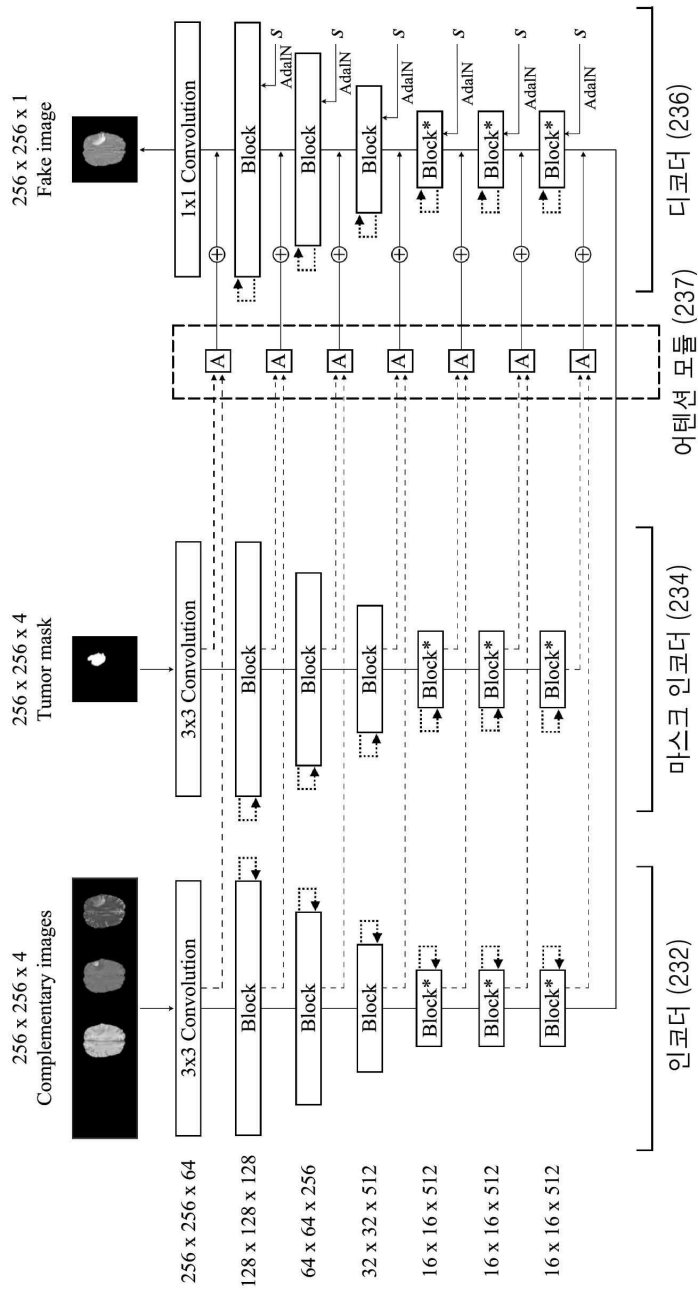
도면3



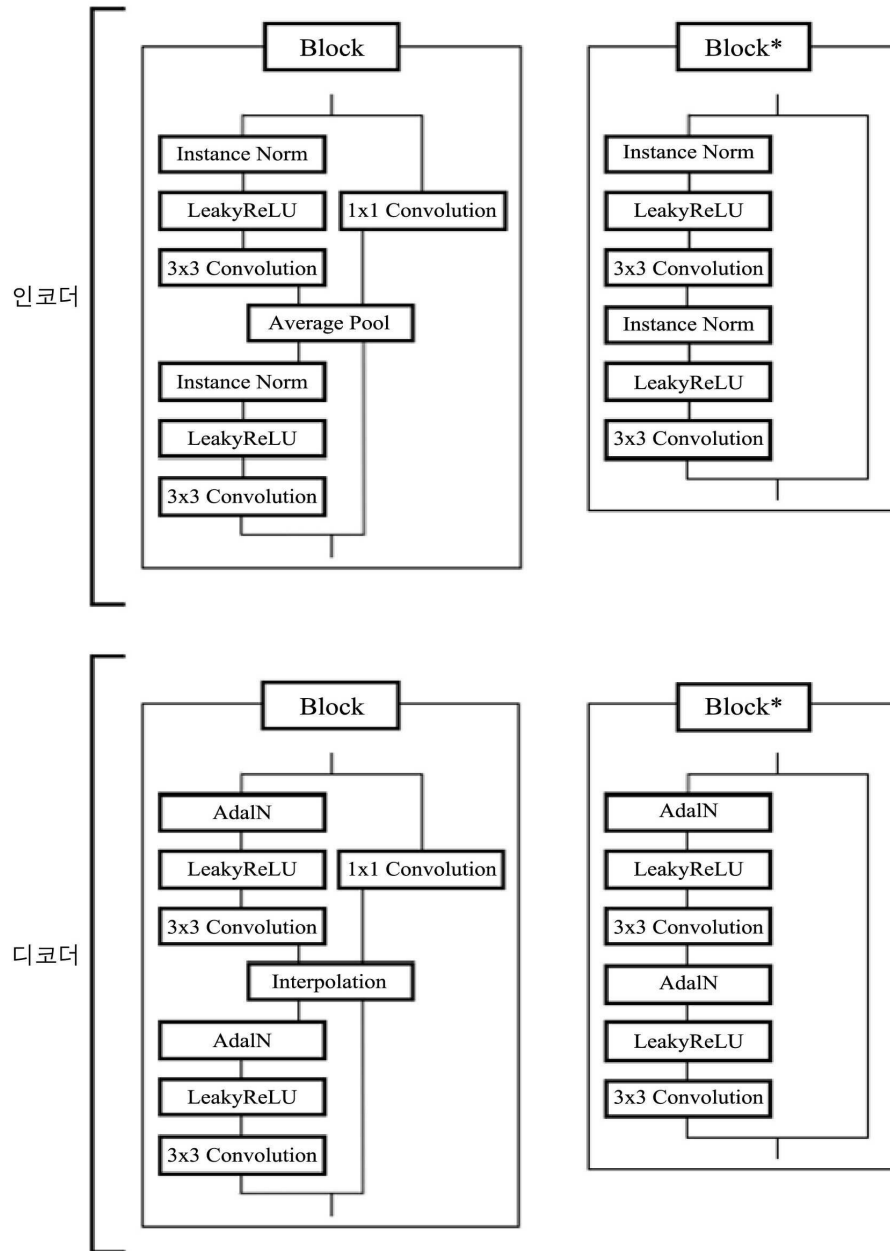
도면4



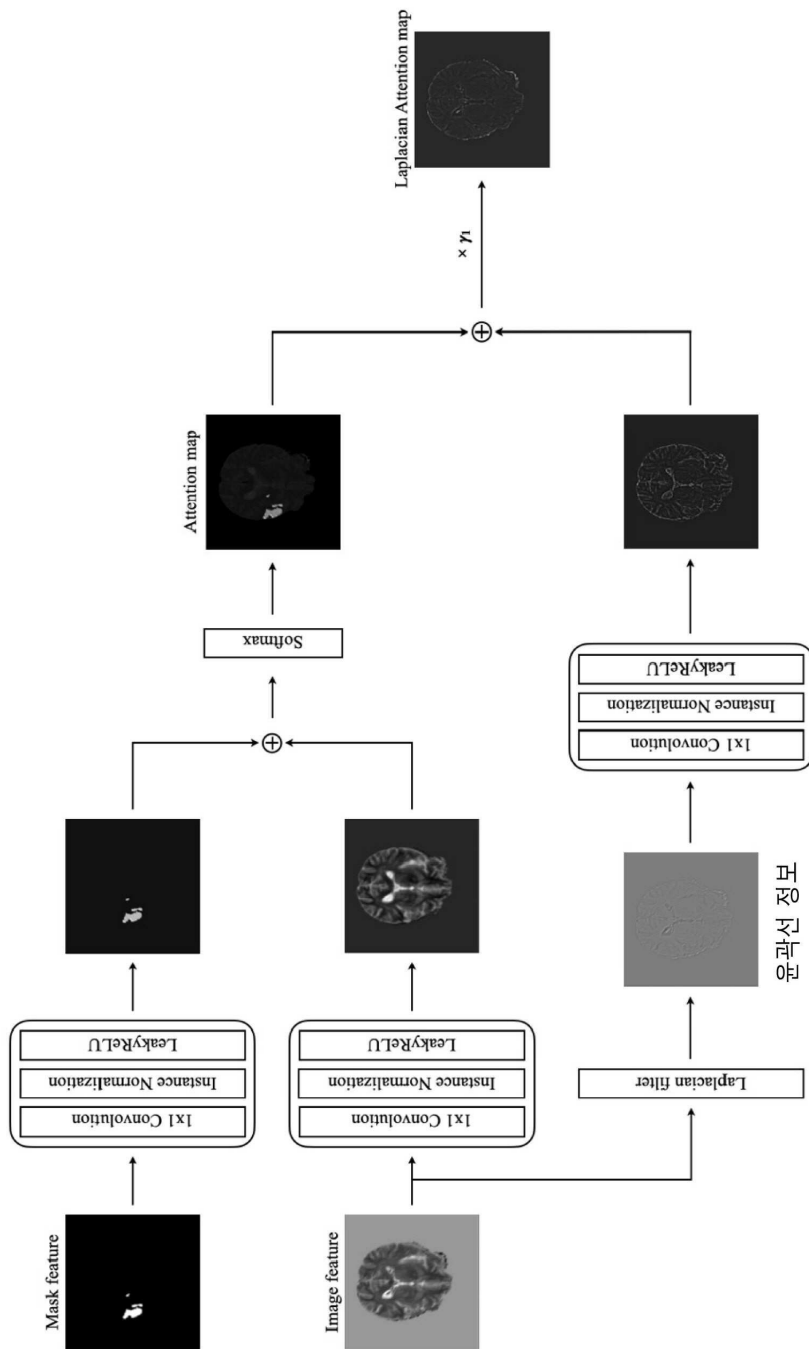
도면5



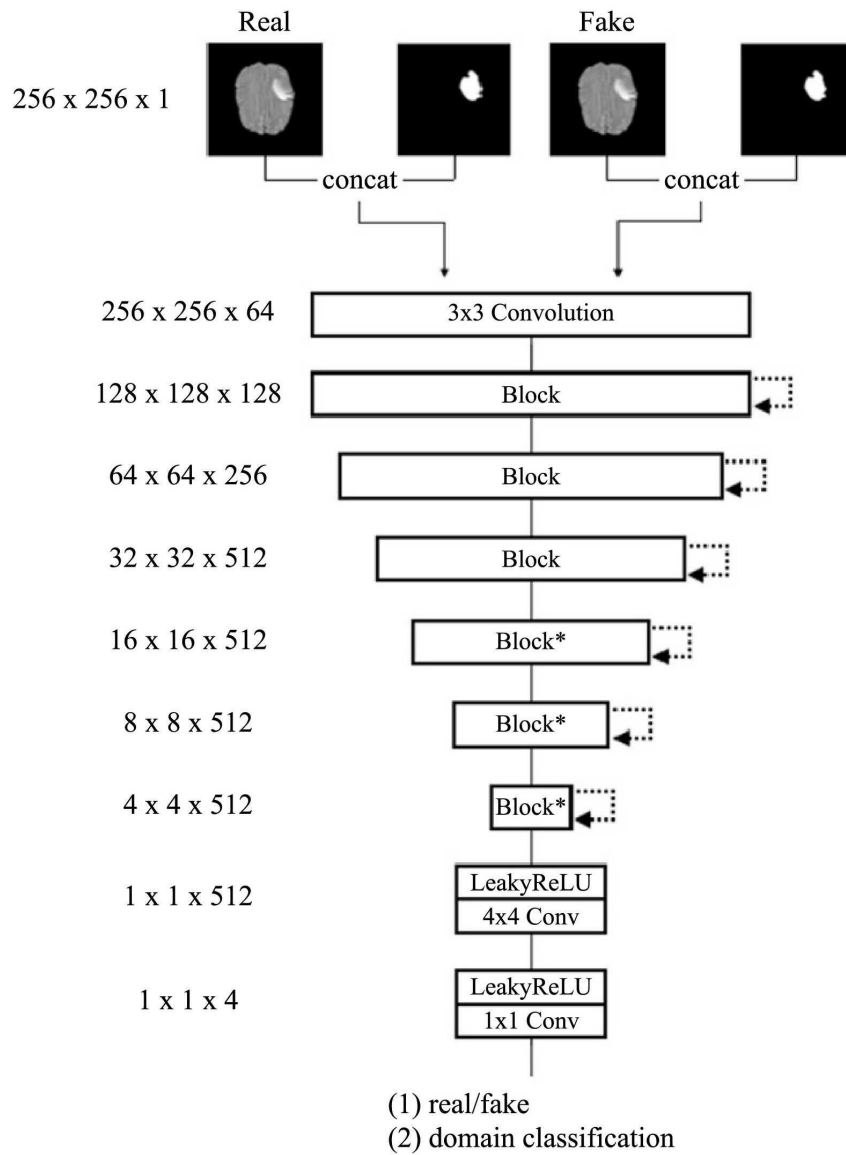
도면6



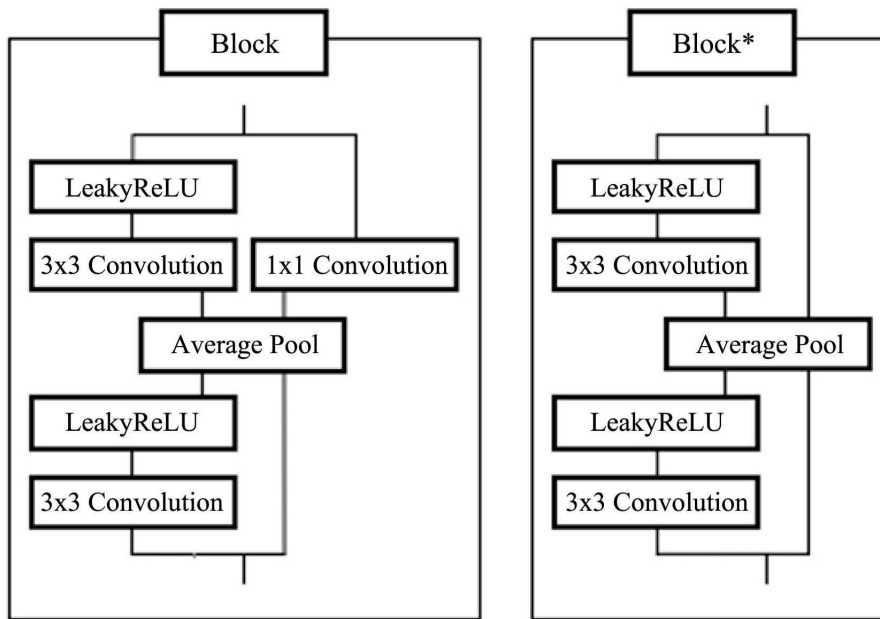
도면7



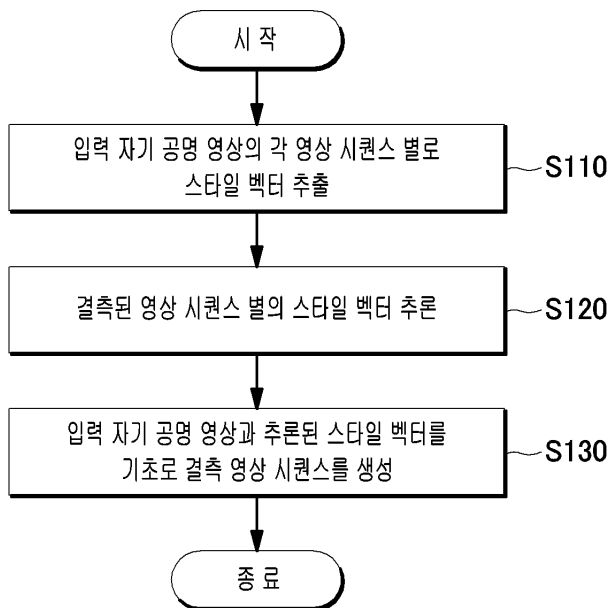
도면8



도면9



도면10



도면11

