



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0028859
(43) 공개일자 2025년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)	(71) 출원인
<i>G16H 50/20</i> (2018.01) <i>A61B 5/00</i> (2021.01)	고려대학교 산학협력단
<i>G16H 30/20</i> (2018.01) <i>G16H 50/50</i> (2018.01)	서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
<i>G16H 50/70</i> (2018.01)	
(52) CPC특허분류	(72) 발명자
<i>G16H 50/20</i> (2018.01)	석홍일
<i>A61B 5/4088</i> (2013.01)	서울특별시 성북구 길음로 118, 411동 1202호(길음동, 길음뉴타운)
(21) 출원번호 10-2023-0110027	신유승
(22) 출원일자 2023년08월22일	서울특별시 관악구 청림길 10-14 (봉천동)
심사청구일자 2023년08월22일	(74) 대리인
	송인호, 윤형근, 최관락

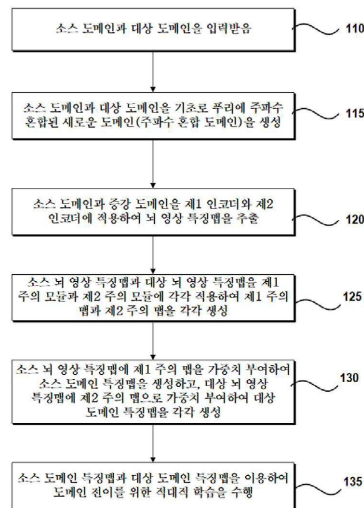
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치

(57) 요약

알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치가 개시된다. 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법은 (a) 소스 도메인과 대상 도메인을 주파수 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성한 후 대상 도메인과 혼합하는 단계; (b) 소스 도메인을 제1 인코더에 적용하여 제1 특징맵을 추출한 후 제1 주의 모듈에 적용하여 제1 주의 맵을 생성하고, 상기 제1 특징맵과 상기 제1 주의 맵을 연결하여 소스 도메인 특징맵을 생성하는 단계; (c) 상기 혼합된 대상 도메인을 제2 인코더에 적용하여 제2 특징맵을 추출한 후 제2 주의 모듈에 적용하여 제2 주의 맵을 생성하고, 제2 특징맵과 상기 제2 주의 맵을 연결하여 타겟 도메인 특징맵을 생성하는 단계; 및 (d) 상기 소스 도메인 특징맵과 상기 타겟 도메인 특징맵을 도메인 전이 모듈에 적용하여 적대적 학습하는 단계를 포함하되, 상기 대상 도메인은 범주 레이블을 포함하지 않는 MRI 영상이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G16H 30/20 (2018.01)

G16H 50/50 (2018.01)

G16H 50/70 (2018.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126110
과제번호	2019-0-00079-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	인공지능대학원지원(고려대학교)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711184539
과제번호	2022R1A4A1033856
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	인과관계 XAI 기반 Bio-Socio 복잡계 데이터 분석 및 추론 연구실
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 소스 도메인과 대상 도메인을 주파수 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성한 후 대상 도메인과 혼합하는 단계;
- (b) 소스 도메인을 제1 인코더에 적용하여 제1 특징맵을 추출한 후 제1 주의 모듈에 적용하여 제1 주의 맵을 생성하고, 상기 제1 특징맵과 상기 제1 주의 맵을 연결하여 소스 도메인 특징맵을 생성하는 단계;
- (c) 상기 혼합된 대상 도메인을 제2 인코더에 적용하여 제2 특징맵을 추출한 후 제2 주의 모듈에 적용하여 제2 주의 맵을 생성하고, 제2 특징맵과 상기 제2 주의 맵을 연결하여 타겟 도메인 특징맵을 생성하는 단계; 및
- (d) 상기 소스 도메인 특징맵과 상기 타겟 도메인 특징맵을 도메인 전이 모듈에 적용하여 적대적 학습하는 단계를 포함하되,

상기 대상 도메인은 범주 레이블을 포함하지 않는 MRI 영상인 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 주파수 혼합 도메인은 상기 소스 도메인과 상기 대상 도메인을 각각 고속 푸리에 변환한 후 주파수 스펙트럼을 혼합하고 역고속 푸리에 변환하여 생성되는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 도메인 전이 모듈은 범주 분류기와 도메인 분류기를 포함하며,

상기 범주 분류기는 상기 소스 도메인 특징맵을 입력받은 후 범주 레이블을 예측하도록 학습되고,

상기 도메인 분류기는 상기 소스 도메인 특징맵과 상기 대상 도메인 특징맵을 입력받은 후 도메인 판별 결과를 출력하되,

상기 도메인 판별 결과에 따라 상기 제1 인코더, 상기 제2 인코더 및 상기 도메인 분류기의 파라미터가 변경되는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제1 인코더와 상기 제2 인코더는 가중치를 공유하는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법.

청구항 5

소스 도메인과 대상 도메인을 주파수 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성한 후 대상 도메인과 혼합하는 주파수

혼합 모듈;

소스 도메인을 제1 인코더에 적용하여 제1 특징맵을 추출한 후 제1 주의 모듈에 적용하여 제1 주의 맵을 생성하고, 상기 제1 특징맵과 상기 제1 주의 맵을 연결하여 소스 도메인 특징맵을 생성하는 제1 특징 추출 모듈;

상기 혼합된 대상 도메인을 제2 인코더에 적용하여 제2 특징맵을 추출한 후 제2 주의 모듈에 적용하여 제2 주의 맵을 생성하고, 제2 특징맵과 상기 제2 주의 맵을 연결하여 타겟 도메인 특징맵을 생성하는 제2 특징 추출 모듈-상기 제1 인코더와 상기 제2 인코더는 가중치를 공유함;

상기 소스 도메인 특징맵과 상기 타겟 도메인 특징맵을 이용하여 도메인 전이를 위한 적대적 학습을 수행하는 도메인 전이 모듈을 포함하되,

상기 대상 도메인은 범주 레이블을 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 도메인 전이 모듈은, 범주 분류기와 도메인 분류기를 포함하며,

상기 범주 분류기는 상기 소스 도메인 특징맵을 입력받은 후 범주 레이블을 예측하도록 학습되고,

상기 도메인 분류기는 상기 소스 도메인 특징맵과 상기 대상 도메인 특징맵을 입력받은 후 도메인 판별 결과를 출력하되,

상기 도메인 판별 결과에 따라 상기 제1 인코더, 상기 제2 인코더 및 상기 도메인 분류기의 파라미터가 변경되는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치.

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 주파수 혼합 모듈은,

상기 소스 도메인과 상기 대상 도메인을 각각 고속 푸리에 변환한 후 주파수 스펙트럼을 혼합하고 역고속 푸리에 변환하여 상기 주파수 혼합 도메인을 생성하는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 뇌 질환의 정확한 진단은 조기 개입 및 치료를 가능하게 하고 신경 과학 연구를 발전시키는 데 도움이 되기 때문에 매우 중요하다. 최근 기계 학습 및 딥러닝 기법을 통해 알츠하이머병과 같은 뇌 질환을 식별하는 데 많은 발전이 이루어졌다.

[0004] 기존 방법들은 다양한 의료 영상이 동일한 데이터 분포를 기반으로 하고 서로 다른 도메인 데이터셋 간에 동일한 모델을 사용하는 경우가 많다. 즉, 소스(source) 도메인에서 훈련된 모델은 도메인 차이를 조정하지 않고 대상(target) 도메인에 직접 적용된다. 하지만 실제 응용 과정에서 도메인 간 의료 영상 데이터 분포는 스캐너 프로토콜, 강도 등의 차이가 발생하기 때문에, 딥러닝 모델이 학습 데이터가 속하는 도메인의 데이터에 대해서는

잘 동작하지만 특성이 다른 도메인의 데이터에 대해서는 성능이 떨어지는 도메인 이동(domain shift) 문제가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.
- [0007] 또한, 본 발명은 주파수 혼합을 통해 재구성된 이미지를 이용하여 알츠하이머 질병과 관련된 특징이 잘 학습되도록 할 수 있으며, 모델의 일반화 능력을 향상시킬 수 있는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.
- [0008] 또한, 본 발명은 도메인간 주파수 혼합을 통해 높은 수준의 주파수 정보와 낮은 수준의 주파수 정보를 보존하며, 수동적으로 저주파 스펙트럼을 찾는 어려움을 해결할 수 있으며, 이를 통해 알츠하이머 질병과 관련된 중요한 주파수 정보를 놓치지 않고 효과적으로 활용할 수 있는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.
- [0009] 또한, 본 발명은 영상에서 중요한 특징을 포착하여 출력값을 정제하는 주의 모듈을 이용하여 뇌 질환 영역을 자동으로 식별하도록 함으로써 알츠하이머 진행 관련 중요한 관심 영역 부분에 집중하여 학습하도록 관심 영역들을 강조하여 질병 진단의 정확성과 민감도를 높일 수 있는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 측면에 따르면, 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법이 제공된다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, (a) 소스 도메인과 대상 도메인을 주파수 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성한 후 대상 도메인과 혼합하는 단계; (b) 소스 도메인을 제1 인코더에 적용하여 제1 특징맵을 추출한 후 제1 주의 모듈에 적용하여 제1 주의 맵을 생성하고, 상기 제1 특징맵과 상기 제1 주의 맵을 연결하여 소스 도메인 특징맵을 생성하는 단계; (c) 상기 혼합된 대상 도메인을 제2 인코더에 적용하여 제2 특징맵을 추출한 후 제2 주의 모듈에 적용하여 제2 주의 맵을 생성하고, 제2 특징맵과 상기 제2 주의 맵을 연결하여 타겟 도메인 특징맵을 생성하는 단계; 및 (d) 상기 소스 도메인 특징맵과 상기 타겟 도메인 특징맵을 도메인 전이 모듈에 적용하여 적대적 학습하는 단계를 포함하되, 상기 대상 도메인은 범주 레이블을 포함하지 않는 MRI 영상인 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법이 제공될 수 있다.
- [0013] 상기 주파수 혼합 도메인은 상기 소스 도메인과 상기 대상 도메인을 각각 고속 푸리에 변환한 후 주파수 스펙트럼을 혼합하고 역고속 푸리에 변환하여 생성될 수 있다.
- [0014] 상기 도메인 전이 모듈은 범주 분류기와 도메인 분류기를 포함하며, 상기 범주 분류기는 상기 소스 도메인 특징맵을 입력받은 후 범주 레이블을 예측하도록 학습되고, 상기 도메인 분류기는 상기 소스 도메인 특징맵과 상기 대상 도메인 특징맵을 입력받은 후 도메인 판별 결과를 출력하되, 상기 도메인 판별 결과에 따라 상기 제1 인코더, 상기 제2 인코더 및 상기 도메인 분류기의 파라미터가 변경될 수 있다.
- [0015] 상기 제1 인코더와 상기 제2 인코더는 가중치를 공유할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치가 제공된다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 소스 도메인과 대상 도메인을 주파수 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성한 후 대상 도메인과 혼합하는 주파수 혼합 모듈; 소스 도메인을 제1 인코더에 적용하여 제1 특징맵을 추출한 후 제1 주의 모듈에 적용하여 제1 주의 맵을 생성하고, 상기 제1 특징맵과 상기 제1 주의 맵을 연결하여 소스 도메인 특징맵을 생성하는 제1 특징 추출 모듈; 상기 혼합된 대상 도메인을 제2 인코더에 적용하여 제2 특징맵을 추출한 후 제2 주의 모듈에 적용하여 제2 주의 맵을 생성하고, 제2 특징맵과 상기 제2 주의 맵을 연결하여 타겟 도메인 특징맵을 생성하는 제2 특징 추출 모듈-상기 제1 인코더와 상기 제2 인코더는 가중치를 공유함; 상기 소스

도메인 특징맵과 상기 타겟 도메인 특징맵을 이용하여 도메인 전이를 위한 적대적 학습을 수행하는 도메인 전이 모듈을 포함하되, 상기 대상 도메인은 범주 레이블을 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치가 제공될 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법 및 그 장치를 제공함으로써, 주파수 혼합을 통해 재구성된 이미지를 이용하여 알츠하이머 질병과 관련된 특징이 잘 학습되도록 할 수 있으며, 모델의 일반화 능력을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.
- [0021] 또한, 본 발명은 도메인간 주파수 혼합을 통해 높은 수준의 주파수 정보와 낮은 수준의 주파수 정보를 보존하며, 수동적으로 저주파 스펙트럼을 찾는 어려움을 해결할 수 있으며, 이를 통해 알츠하이머 질병과 관련된 중요한 주파수 정보를 놓치지 않고 효과적으로 활용할 수 있는 이점도 있다.
- [0022] 또한, 본 발명은 영상에서 중요한 특징을 포착하여 출력값을 정제하는 주의 모듈을 이용하여 뇌 질환 영역을 자동으로 식별하도록 함으로써 알츠하이머 진행 관련 중요한 관심 영역 부분에 집중하여 학습하도록 관심 영역들을 강조하여 질병 진단의 정확성과 민감도를 높일 수 있는 이점도 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비지도 도메인 적응 기반 알츠하이머 진단 방법을 나타낸 순서도.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 혼합 방법을 설명하기 위해 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 적대적 학습 네트워크를 도시한 도면.
- 도 4는 종래와 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 식별에 대한 성능을 비교한 결과를 나타낸 도면.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 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.
- [0026] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 방법을 나타낸 순서도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 혼합 방법을 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 적대적 학습 네트워크를 도시한 도면이며, 도 4는 종래와 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 식별에 대한 성능을 비교한 결과를 나타낸 도면이다.
- [0029] 단계 110에서 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 도메인과 대상 도메인을 입력받는다.
- [0030] 소스 도메인과 대상 도메인은 서로 다른 도메인으로, 서로 다른 분포를 가진 데이터 셋을 포함할 수 있다. 예를 들어, 소스 도메인과 대상 도메인이 MRI 영상인 경우, 장비별, 강도 설정값에 따라 소스 도메인과 대상 도메인의 데이터 셋이 달라질 수 있다. 즉, 하나의 도메인에는 같은 분포를 가진 데이터 셋이 포함될 수 있다.
- [0031] 단계 115에서 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 도메인과 대상 도메인을 기초로 푸리에 주파수 혼합된 새로운 도메인(주파수 혼합 도메인)을 획득한다.

[0032] 이에 대해 도 2를 참조하여 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0033] 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 도메인과 대상 도메인 각각에 대해 고속 푸리에 변환(FFT: fast Fourier transform)을 수행한다(단계 210).

[0034] 비지도 도메인 적응 장치(100)는 FFT를 통해 획득된 소스 도메인과 대상 도메인의 주파수 스펙트럼을 선형 보간 방법으로 혼합한다(단계 220).

[0035] 이에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0036] 소스 데이터 셋을 $D_S = \{(x_i^S, y_i^S)\}_{i=1}^{N_S}$, $x^S \in R^{h \times w \times d \times 1}$ 라 가정하기로 한

다. 여기서, x^S 는 3차원 MRI 영상일 수 있으며, y^S 는 범주 레이블일 수 있다.

[0037] 대상 도메인을 $D_T = \{(x_j^T)\}_{j=1}^{N_T}$ 라 가정하기로 한다. 즉, 대상 도메인은 범주 레이블이 존재하지 않는 데이터 셋이다.

[0038] 소스 도메인과 대상 도메인에 각각 FFT를 수행한 후 획득된 주파수 스펙트럼을 혼합하면 수학적 식 1과 같이 타낼 수 있다.

수학적 식 1

[0039]
$$F(x_i^{FT}) = (1 - \lambda)F(x_j^T) + \lambda F(x_i^S)$$

[0040] 여기서, $F(x)$ 는 FFT 연산자를 나타내며, $\lambda \sim U(0, \eta)$, 하이퍼파라미터(Hyper-parameter) η 는 증강의 강도를 조절하는 가중치를 나타낸다.

[0041] 이어, 비지도 도메인 적응 장치(100)는 수학적 식 1과 같이, 소스 도메인과 대상 도메인을 각각 FFT 적용한 후 주파수 스펙트럼을 혼합한 후 역고속 푸리에 변환(iFFT: inverse FFT)를 수행하여 재구성된 혼합주파수 도메인을 생성한다(단계 230).

[0042] 이를 수학적 식으로 나타내면 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

[0043]
$$D_{FT} = F^{-1}(F(x_i^{FT}))$$

[0044] 여기서, $F^{-1}()$ 는 iFFT 연산자를 나타낸다.

[0045] 도 2를 참조하여, 소스 도메인과 대상 도메인을 이용하여 주파수 혼합 도메인을 생성하는 방법에 대해 설명하였다. 주파수 혼합 도메인은 대상 도메인과 혼합되며, 이해와 설명의 편의를 도모하기 위해 증강 도메인이라 칭하기로 한다.

[0046] 다시 도 1을 참조하면, 단계 120에서 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 도메인과 증강 도메인을 제1 인코더와 제2 인코더에 적용하여 뇌 영상 특징맵을 추출한다.

- [0047] 도 3을 참조하여 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [0048] 소스 도메인은 제1 인코더에 적용되며, 제1 인코더는 소스 도메인을 입력받은 후 소스 뇌 영상 특징맵을 추출할 수 있다.
- [0049] 또한, 증강 도메인은 제2 인코더에 적용되며, 제2 인코더는 증강 도메인을 입력받은 후 대상 뇌 영상 특징맵을 추출할 수 있다.
- [0050] 제1 인코더와 제2 인코더는 뇌 영상 특징맵을 추출하기 위해 3차원 합성곱 신경망으로 설계된다. 제1 인코더와 제2 인코더는 10개의 $3 \times 3 \times 3$ 합성곱 레이어를 포함하며 각각의 레이어는 배치 정규화와 ReLU가 뒤따른다. 이후 계층적 특징맵 추출을 위해 짝수 번째 합성곱 레이어에 다운 샘플링이 수행될 수 있다.
- [0051] 제1 인코더와 제2 인코더는 상호 가중치를 공유할 수 있다.
- [0052] 단계 125에서 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 뇌 영상 특징맵과 대상 뇌 영상 특징맵을 제1 주의 모듈과 제2 주의 모듈에 각각 적용하여 제1 주의 맵과 제2 주의 맵을 각각 생성한다. 제1 인코더와 제2 인코더를 통해 각각 소스 뇌 영상 특징맵과 대상 뇌 영상 특징맵을 생성한 후 뇌 질환에 밀접하게 관련된 뇌 영역을 식별할 수 있도록 제1 주의 모듈과 제2 주의 모듈을 통해 알츠하이머 질병에 관련된 중요한 관심 영역을 제1 주의 맵과 제2 주의 맵으로 생성할 수 있다.
- [0053] 즉, 소스 및 대상 도메인의 뇌 영상 특징맵은 주의 모듈에 입력된 후 교차 채널 풀링, 즉 평균 풀링과 최대 풀링을 각각 수행한 후 연결하여 합성곱 레이어(단일 채널 풀링)로 전송하여 공간 주의 맵이 생성될 수 있다. 생성된 공간 주의 맵은 시그모이드 함수(δ)를 통해 최종 주의 맵(A)이 도출될 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$A = \delta(Conv^{3 \times 3 \times 3}([M_{max}, M_{avg}]))$$

[0054]

- [0055] 소스 도메인에 대한 제1 주의 맵을 A_S 로 나타내기로 하며, 타겟 도메인에 대한 제2 주의 맵을 A_T 로 나타내기로 한다. 제1 주의 맵과 제2 주의 맵의 주의 일관성을 유지하고 의미론적 정보를 소스 도메인에서 대상 도메인으로 전송하기 위해 주의 일관성 손실은 제1 주의 맵과 제2 주의 맵의 평균 제곱의 차이로 정의되며, 이를 수학식으로 나타내면 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$L_{att} = \frac{1}{N \times H \times W \times D} \sum_{i=1}^N \| A_i^S - A_i^T \|$$

[0056]

- [0057] 여기서, N은 샘플의 수를 나타낸다.
- [0058] 단계 130에서 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 뇌 영상 특징맵에 제1 주의 맵을 가중치 부여하여 소스 도메인 특징맵을 생성하고, 대상 뇌 영상 특징맵에 제2 주의 맵으로 가중치 부여하여 대상 도메인 특징맵을 각각 생성한다.
- [0059] 단계 135에서 비지도 도메인 적응 장치(100)는 소스 도메인 특징맵과 대상 도메인 특징맵을 이용하여 도메인 전

이를 위한 적대적 학습을 수행한다.

[0060] 이에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0061] 소스 도메인과 대상 도메인 간의 데이터 이질성과 분포 차이로 인해, 소스 도메인에서 잘 훈련된 모델은 대상 도메인에 직접 적용할 때 성능이 저하될 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 레이블이 지정된 소스 도메인을 기반으로 강력한 학습 모델을 구축하기 위해 적대적 학습을 통해 도메인 전송이 가능하도록 할 수 있다.

[0062] 도메인 전이 모듈은 분류를 위한 범주 분류기와 입력 표본이 소스 도메인에서 온 것인지 대상 도메인에서 온 것인지를 판별하는 도메인 분류기로 구성된다. 범주 분류기와 도메인 분류기의 종단간 학습을 통해 소스 도메인에 대한 우수한 분류 성능을 달성할 뿐만 아니라 두 도메인에 대한 도메인 불변 특징을 학습할 수 있다.

[0063] 우선, 범주 분류기는 소스 도메인 특징맵을 입력받으며, 완전히 연결된 세개의 레이어를 사용하여 예측 범주 레이블을 출력할 수 있다.

[0064] 이러한 범주 분류기의 손실은 수학식 5와 같이 계산될 수 있다.

수학식 5

$$L_{cls} = \frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} CE(C_L(x_i^S), y_i^S)$$

[0065]

[0066] 여기서, C_L 는 범주 분류기를 나타내고, CE는 교차 엔트로피 손실을 나타낸다.

[0067] 도메인 분류기(C_D)는 MRI 특징을 다른 도메인과 구별하도록 구현될 수 있다. 기울기를 역전시키는 방법을 통해 도메인 분류기의 손실을 최대화할 수 있다. 이를 통해, 제2 인코더는 소스 도메인과 대상 도메인 모두에 대한 도메인 불변 MRI 특징을 학습하도록 훈련된다. 도메인 분류기는 도 3에서 보여지는 바와 같이, 완전히 연결된 3개의 레이어를 사용하며, 손실은 하기 수학식 6과 같이 계산될 수 있다.

수학식 6

$$L_{adv} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CE(C_D(x_i), y_i^D)$$

[0068]

[0069] 여기서, CE는 교차 엔트로피 손실을 나타내고, y_i^D 는 도메인 범주를 나타낸다.

[0070] 따라서, 적대적 학습시 본 발명의 일 실시예에서는 범주 분류 손실을 최소화하고, 주의 일관성 손실을 최소화하며, 도메인 분류 손실을 최대화함으로써 최종 목적 함수는 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$L_{total} = L_{cls} + L_{att} - L_{adv}$$

[0071]

[0072]

상술한 바와 같이, 범주 분류기와 도메인 분류기를 활용하여 종단간 적대적 학습을 통해 두 도메인에 대한 도메인 불변 특징을 제1 인코더와 제2 인코더가 학습하도록 할 수 있다.

[0073]

이와 같은 적대적 학습을 통해 레이블이 없는 알츠하이머병 MRI 영상에 따른 질병 진단 과정에서 영상 전문의 또는 임상의학들이 구분하기 어려운 질병 요소 검출이 가능하도록 할 수 있다.

[0074]

도 4는 종래와 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 식별에 대한 성능을 비교한 결과이다. 도 4에서 보여지는 바와 같이, 정확도(ACC), 민감도(SEN), 특이도(SEP), AUC 곡선(AUC)로 평가한 결과 본 발명의 일 실시예에 따른 방법이 종래 기술보다 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다.

[0076]

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

[0077]

도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치(100)는 주파수 혼합 모듈(510), 제1 특징 추출 모듈(520a), 제2 특징 추출 모듈(520b) 및 도메인 전이 모듈(530)을 포함하여 구성된다.

[0078]

주파수 혼합 모듈(510)은 소스 도메인과 대상 도메인을 주파수 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성한 후 대상 도메인과 혼합하기 위한 수단이다.

[0079]

즉, 주파수 혼합 모듈(510)은 소스 도메인과 대상 도메인을 각각 FFT 적용한 후 주파수 스펙트럼을 혼합하여 주파수 혼합 도메인을 생성할 수 있다. 이어, 주파수 혼합 도메인은 대상 도메인과 혼합될 수 있다.

[0080]

제1 특징 추출 모듈(520a)은 소스 도메인을 제1 인코더에 적용하여 제1 특징맵을 추출한 후 뇌 영역에 대한 관심 영역을 획득하기 위해 제1 주의 모듈에 적용하여 제1 주의 맵을 생성할 수 있다. 이어, 제1 특징 추출 모듈(520a)은 제1 주의 맵과 제1 특징맵을 연결하여 소스 도메인 특징맵을 생성할 수 있다.

[0081]

제2 특징 추출 모듈(520b)은 혼합된 대상 도메인을 제2 인코더에 적용하여 제2 특징맵을 추출한 후 제2 주의 모듈에 적용하여 제2 주의 맵을 생성하고, 제2 특징맵과 제2 주의 맵을 연결하여 타겟 도메인 특징맵을 생성할 수 있다.

[0082]

제1 인코더와 제2 인코더는 전술한 바와 같이 가중치를 공유할 수 있다.

[0083]

도메인 전이 모듈(530)은 소스 도메인 특징맵과 타겟 도메인 특징맵을 이용하여 도메인 전이를 위한 적대적 학습이 수행된다.

[0084]

이를 위해, 도메인 전이 모듈(530)은 범주 분류기와 도메인 분류기를 포함할 수 있다.

[0085]

범주 분류기는 소스 도메인 특징맵을 입력받아 범주 레이블을 예측하도록 학습될 수 있다. 또한, 도메인 분류기는 소스 도메인 특징맵과 대상 도메인 특징맵을 입력받은 후 어느 도메인에서 입력된 것인지 판별하도록 학습될 수 있다. 도메인 분류기의 도메인 판별 결과에 따라 제1 인코더, 제2 인코더 및 도메인 분류기의 파라미터가 변경될 수 있다.

[0086]

이외에도, 알츠하이머 질병 진단을 위한 비지도 도메인 적응 장치(100)는 메모리 및 프로세서를 더 포함할 수도 있음은 당연하다. 또한, 상술한 구성들은 프로세서에서 실행되거나 프로세서의 일 구성일 수도 있다.

[0088]

본 발명의 실시 예에 따른 장치 및 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록되는 프로그램 명령은

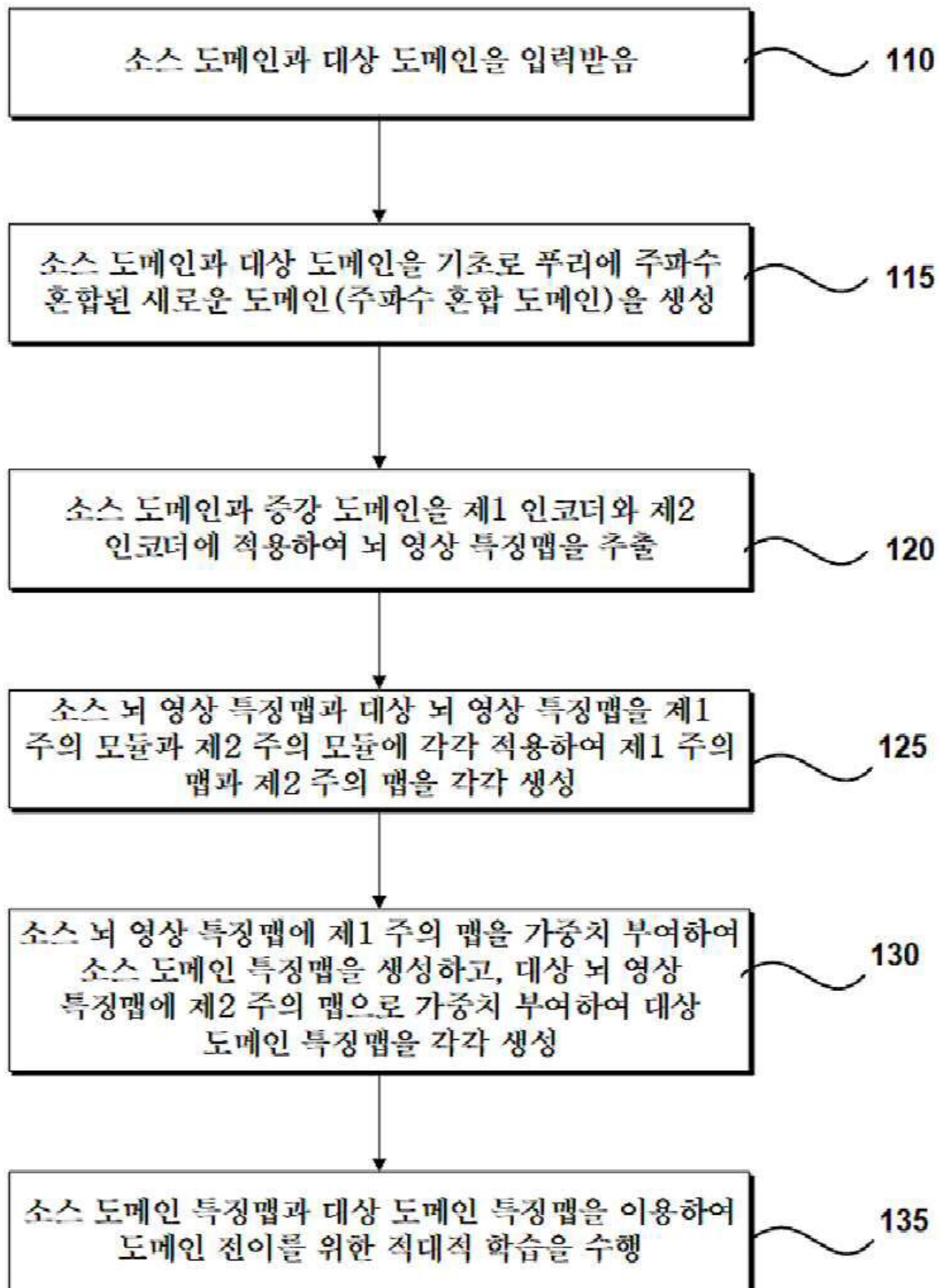
본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야 통상의 기술자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media) 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 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.

[0089] 상술한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

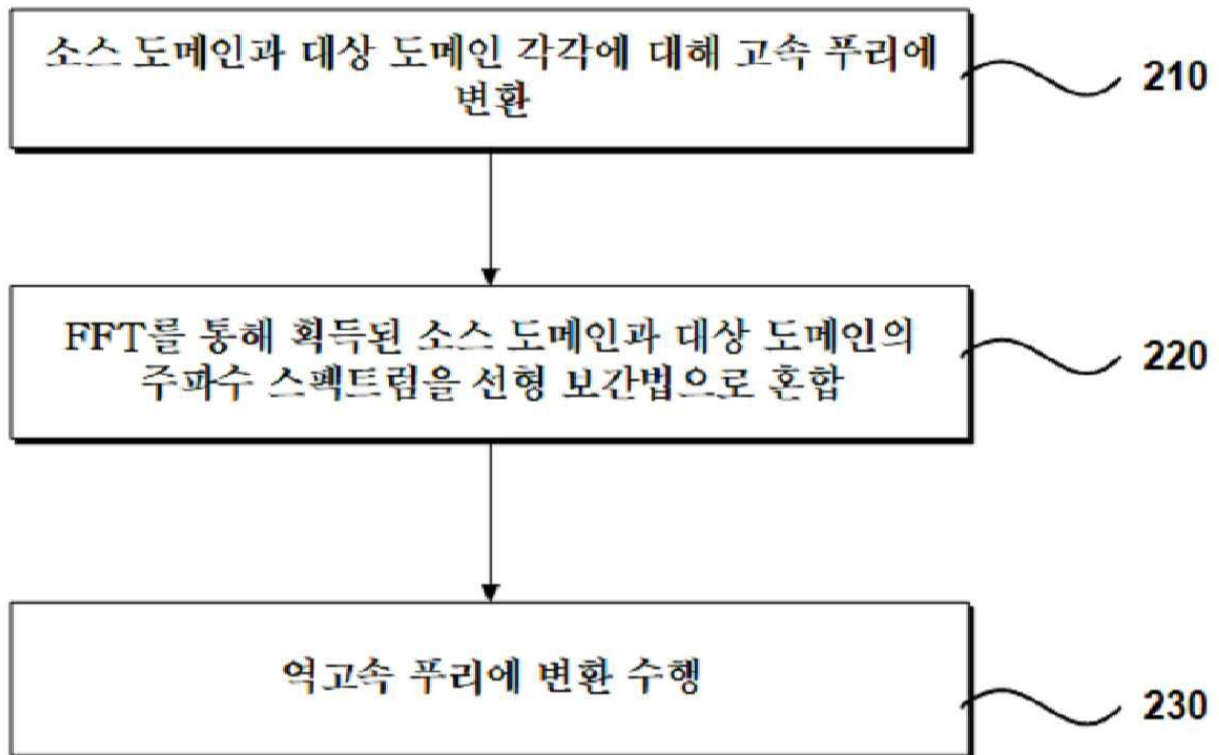
[0090] 이제까지 본 발명에 대하여 그 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

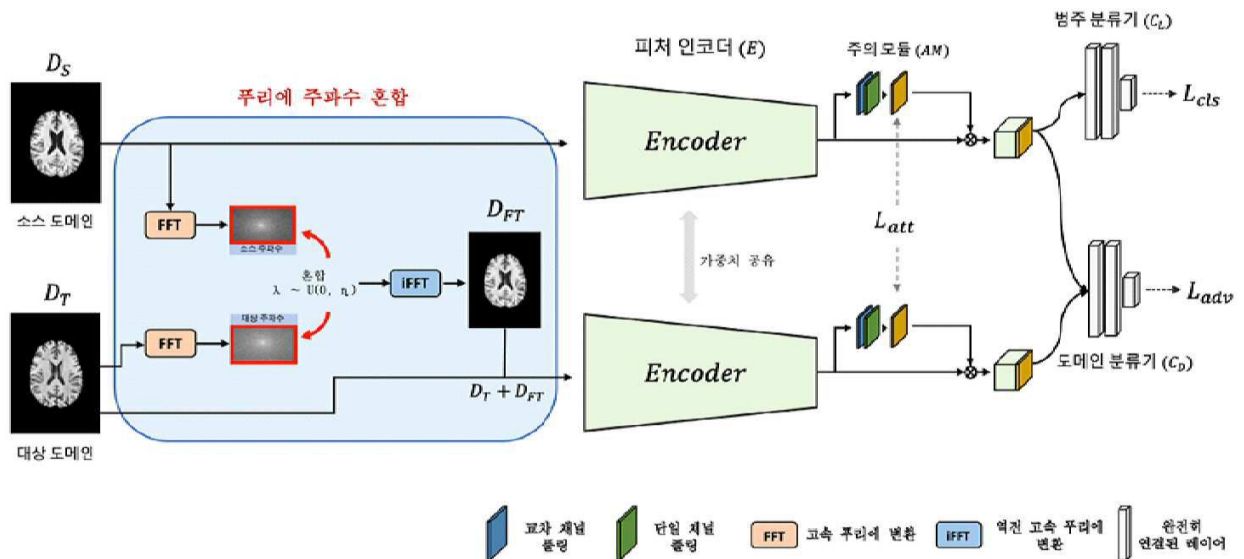
도면1



도면2



도면3



도면4

Source→Target	Method	ACC (%)	SEN (%)	SPE (%)	AUC (%)
ADNI1→ADNI2	AD ² A	86.11	75.00	95.00	85.00
	Ours	93.06	87.50	97.50	92.50
ADNI1→ADNI3	AD ² A	88.75	92.31	88.06	90.18
	Ours	92.50	92.31	92.54	92.42
ADNI2→ADNI3	AD ² A	83.75	100.0	80.60	90.30
	Ours	83.75	100.0	80.60	90.30

도면5

