(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0175993
(43) 공개일자 2024년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) *A61B 5/055* (2006.01)
G16H 30/20 (2018.01) *G16H 50/20* (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/445 (2013.01)
A61B 5/0042 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0076363
(22) 출원일자 2023년06월14일
심사청구일자 2023년06월14일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
광운대학교 산학협력단
서울특별시 노원구 광운로 20, 광운대학교 내 (월계동)
(72) 발명자
이인선
서울특별시 서대문구 홍은중앙로1길 100 (홍은동, 북한산두산위브2차) 202동 204호
박히준
서울특별시 강동구 동남로71길 41 현대아파트 11동 104호(명일동, 현대아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인지담

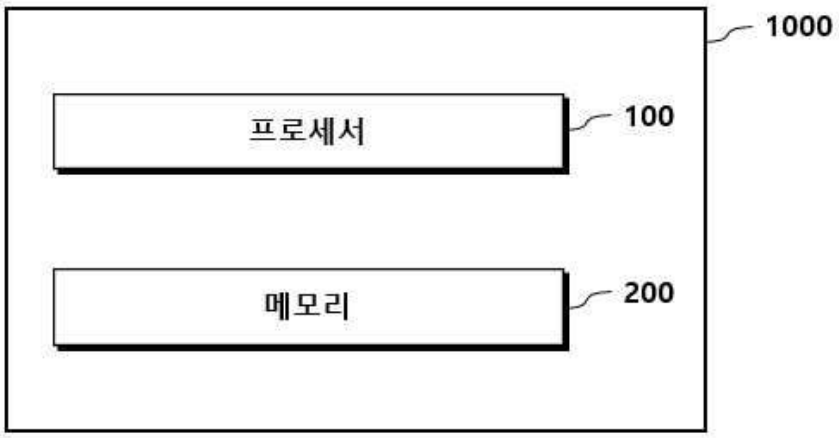
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **뇌영상 신호를 이용하여 아토피 피부염을 진단하기 위한 정보제공 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 뇌영상 신호를 이용하여 아토피 피부염을 진단하기 위한 정보제공 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 방법 및 장치는 대상의 아토피 피부염을 뇌 영상 신호만을 통해서 진단 정보를 추출하는 것이 가능하며, 아토피 피부염의 진단 정확도를 향상시키는데 사용될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/055 (2022.01)
A61B 5/7275 (2013.01)
G16H 30/20 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)

(72) 발명자
이혜정
경기도 성남시 중원구 여수울로 51 산들마을, 214동 504호
염미정
경기도 남양주시 늘을1로 270 1805동 1203호(호평동, 한라비발디아파트)
함대현
서울특별시 동대문구 답십리로23길 30 102동 904호
김준석
인천광역시 계양구 형제봉길 1, 304동203호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711164459
과제번호	2020R1A4A1018598
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	Gut-Brain axis 기반 맞춤형 침치료 기전 연구실
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교
연구기간	2020.07.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

컴퓨팅 장치에 의해 의료 영상데이터로부터 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법에 있어서,

대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하는 처리 단계;

상기 입력 데이터를 미리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하는 생성 단계;

상기 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 분류 단계;

를 포함하는, 아토피 피부염을 예측하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 의료 영상데이터는,

뇌 자기공명영상 (magnetic resonance imaging; MRI) 데이터를 포함하는 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 자기공명영상은 기능성 자기공명영상 (Functional magnetic resonance imaging; fMRI) 데이터인 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 아토피 예측 모델은,

하나 이상의 학습영상 및 상기 학습영상에 대응되며 예측 결과를 포함하는 가이드 라벨에 기초하여 지도학습되며,

상기 지도학습은 아토피 예측 모델을을 이용하여 학습영상에 대해 생성한 학습 정보와 가이드 라벨의 비교 결과에 기초하여 수행되는 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 아토피 예측 모델은 장기-단기 메모리 (Long Short-Term Memory) 알고리즘을 포함하는 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 장기-단기 메모리 (Long Short-Term Memory) 알고리즘은 2개의 LSTM 레이어 및 1개의 완전연결레이어 (fully connected layer)를 포함하는 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 뇌 영상은 휴지기 상태의 뇌 영상인 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 뇌 영상은,

운동보조영역 (Supplementary motor area), 후대상피질 (posterior cingulate cortex), 상부-중앙 전두회 (Sup-mid. frontal gyrus), 측두엽극 (Temporal pole), 후대상피질-쐐기앞소엽 (posterior cingulate cortex-Precuneus), 우측 운동보조영역 (Supplementary motor area), 배외측 전전두피질 (dorsolateral prefrontal cortex), 중앙 측두회 (middle temporal gyrus) 및 상부 중앙 전두회 (superior medial frontal gyrus) 영역으

로 이루어진 그룹에서 선택된 1 이상의 영역의 뇌영상이 포함된 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 뇌 영상은, 운동보조영역 (Supplementary motor area) 및 후대상피질 (posterior cingulate cortex) 영역의 뇌 영상이 포함된 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 처리 단계는 상기 의료데이터를 기초로 시간의 흐름에 따른 1 이상의 뇌영역의 활성도 변화 데이터를 생성하는 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 처리 단계는 의료데이터를 노이즈 제거, 운동 보정, 공간 스무딩 및 표준 템플릿화 중 하나 이상의 작업을 수행하여 전처리하는 전처리 단계를 포함하는 것인, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법.

청구항 12

저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

컴퓨터 프로그램은 하나 이상의 프로세서에서 실행되는 경우,

아토피 피부염의 진단을 위한 정보를 제공하기 위한 이하의 동작들을 수행하도록 하며,

상기 동작들은:

대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하는 처리 동작;

상기 입력 데이터를 미리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하는 생성 동작;

상기 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 분류 동작;

을 포함하는 것인, 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 13

아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하기 위한 컴퓨팅 장치로서,

하나 이상의 코어를 포함하는 프로세서;

및 메모리;를 포함하고,

프로세서는,

대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하고, 상기 입력 데이터를 미리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하고, 상기 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 것인, 컴퓨팅장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 뇌영상 신호를 이용하여 아토피 피부염을 진단하기 위한 정보제공 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 방법은 뇌 영상 신호만을 이용하여 아토피 피부염을 정확하게 예측하는 것이 가능하다.

배 경 기 술

[0002] 뇌영상 분석을 통한 질병 진단은 최근 년도에 걸쳐서 많은 발전을 이룩해 왔다. 특히, 신경영상학은 신경계와 관련된 질병의 이해, 진단, 치료에 많은 도움을 주며, 이에 따른 여러 응용기술들이 활발히 연구되어 왔다. 그러나 그 동안 이 분야에서 가장 많이 연구되었던 것은 알츠하이머병, 스트레스 장애, 우울증, 자폐증 등의 신경

학적 질환으로, 피부질환에 대한 뇌영상 분석은 상대적으로 소외되어 왔다.

[0003] 아토피 피부염은 피부가 건조하고 가렵기 때문에 염증이 발생하는 상태로, 주로 유전적인 요인과 환경적인 요인에 의해 발생한다. 전세계적으로 그 발병률은 증가하는 추세로, 그 치료법은 여전히 완전하지 않다. 현재 아토피 피부염의 진단은 주로 임상 증상, 알레르기 테스트, 피부 생검 등을 통해 이루어지며, 이를 위해 여러 복합적인 절차를 거치게 된다. 그러나 이러한 방법들은 정확한 진단을 어렵게 만드는 여러 한계를 갖고 있다.

[0004] 뇌와 피부 사이의 상호작용에 대한 연구는 계속 진행되어 왔다. 스트레스, 감정, 신경계의 작용이 피부질환에 어떻게 영향을 미치는지를 깊이 파악하는 것은 아토피 피부염의 진단 및 치료에 있어 중요한 열쇠가 될 수 있다. 최근의 몇몇 연구들은 뇌와 피부 사이의 이러한 상호작용을 규명하는데 주목하고 있으며, 이를 통해 피부질환의 진단 및 치료 방법을 혁신적으로 개선할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

[0005] 뇌영상 기술 중 하나인 자기공명영상(MRI)은 뇌의 구조와 기능을 동시에 볼 수 있는 기술로, 신경공학, 심리학, 의학 등 다양한 분야에서 활용되어 왔다. MRI는 뇌의 활성화된 부위를 시각화하는 데 사용되며, 뇌의 기능과 행동 사이의 연관성을 이해하는 데 유용하다. 또한, 딥러닝 기술의 발전으로, 뇌영상 데이터의 분석 및 해석이 향상되었다.

[0006] 따라서, 아토피 피부염의 진단에 뇌영상 신호를 활용하는 새로운 방법을 제안하는 것은 매우 효과적일 것이다. 뇌와 피부 사이의 상호작용을 분석하고 이해하는 것은 아토피 피부염의 발생 원인과 진행 과정을 더욱 잘 이해하는데 도움이 될 것이며, 이를 통해 아토피 피부염의 진단 및 치료 방법을 향상시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명자들은 이에 뇌영상 신호를 이용하여 아토피 피부염의 진단을 위한 정보를 제공하는 장치 및 방법을 구현하였으며, 이를 통한 아토피 피부염의 예측 정확도가 우수한 것으로 확인하였다.

[0008] 이에, 본 발명의 일 목적은 아토피 피부염 진단을 위한 정보 제공 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 아토피 피부염의 진단을 위한 정보를 제공하는 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 목적은 아토피 피부염의 진단을 위한 정보제공을 위한 컴퓨팅 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 뇌영상 신호를 이용하여 아토피 피부염을 진단하기 위한 정보제공 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 장치 및 방법은 뇌영상만을 이용하여 대상에서 아토피 피부염을 진단을 위한 정보를 정확하게 생성하는 것이 가능하다.

[0012] 이하 본 발명을 더욱 자세히 설명하고자 한다.

[0014] 본 발명의 일 양태는, 컴퓨팅 장치에 의해 의료 영상데이터로부터 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하는 방법에 있어서, 대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하는 처리 단계; 입력 데이터를 미리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하는 생성 단계; 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 분류 단계; 를 포함하는, 아토피 피부염을 예측하는 방법이다.

[0015] 본 명세서 상의 용어 “의료 영상데이터”는, 이산적 영상 요소들 (예를 들어, 2차원 영상에 있어서는 픽셀)로 구성된 다차원 의료 영상 데이터를 포함하는 것일 수 있다. 구체적으로, 의료데이터는 눈으로 볼 수 있는 대상 또는 (예컨대, CT, MRI 검출기 등의 픽셀 출력에 대응되는 파일과 같은) 그 대상의 디지털 표현물을 포함할 수 있다. 의료데이터는 전산화 단층 촬영 (computed tomography; CT), 자기 공명 영상 (magnetic resonance imaging; MRI), 기능성 자기 공명 영상 (Functional magnetic resonance imaging; fMRI), 안저 영상, 초음파 또는 본 발명의 기술분야에서 공지된 임의의 다른 의료 영상 시스템의 의하여 수집된 대상 (subject)의 의료 영상을 포함하는 것일 수 있다.

[0016] 본 명세서 상의 용어 “대상”은 특정 질환을 가지거나, 또는 특정 질환이 의심되는 객체 (또는 피검체)일 수 있다. 이때, 특정 질환은 아토피성 피부염인 것일 수 있다. 본 발명의 일 구현예에서, 대상은 포유류 일 수 있

고, 예를 들어, 대상은 인간, 원숭이, 개, 고양이, 마우스, 래트, 소, 말, 돼지, 염소 및 양으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 구현예에서, 학습된 아토피 예측 모델은, 딥 뉴럴 네트워크인 것일 수 있다.

[0018] 본 명세서 상의 용어 "딥 뉴럴 네트워크"는 입력 레이어와 출력 레이어 외에 복수의 히든 레이어를 포함하는 신경망을 의미할 수 있다. 용어 "딥 뉴럴 네트워크"는 본 명세서에 걸쳐 용어 "신경망", "네트워크 함수", "뉴럴 네트워크 (neural network)"와 상호교차되어 사용될 수 있다. 딥 뉴럴 네트워크를 이용하면 데이터의 잠재적인 구조 (latent structures)를 파악하는 것이 가능하다. 즉, 사진, 글, 비디오, 음성, 음악의 잠재적인 구조 (예를 들어, 어떤 물체가 사진에 있는지, 글의 내용과 감정이 무엇인지, 음성의 내용과 감정이 무엇인지 등)를 파악할 수 있다. 본 발명에 있어서, 딥 뉴럴 네트워크는 컨볼루셔널 뉴럴 네트워크 (convolutional neural network; CNN), 리커런트 뉴럴 네트워크 (recurrent neural network; RNN), 장기-단기 메모리 (Long Short-Term Memory) 알고리즘, 제한 볼츠만 머신 (restricted boltzmann machine; RBM), 심층 신뢰 네트워크(deep belief network; DBN), Q 네트워크, U 네트워크, 샴 네트워크 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0019] 본 발명의 일 구현예에서, 의료 영상데이터는, 뇌 자기공명영상 (magnetic resonance imaging; MRI) 데이터를 포함하는 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 구현예에서, 자기공명영상은 기능성 자기공명영상 (Functional magnetic resonance imaging; fMRI) 데이터인 것일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 구현예에서, 아토피 예측 모델은, 하나 이상의 학습영상 및 학습영상에 대응되며 예측 결과를 포함하는 가이드 라벨에 기초하여 지도학습되며, 지도학습은 아토피 예측 모델을 이용하여 학습영상에 대해 생성한 학습 정보와 가이드 라벨의 비교 결과에 기초하여 수행되는 것일 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 구현예에서, 뇌 영상은 휴지기 상태의 뇌 영상인 것일 수 있다.

[0023] 본 명세서 상의 용어 "휴지기 상태의 뇌 영상"은 대상이 특정 작업을 수행하지 않고 휴식 상태일 때 얻은 뇌의 신경활동 영상을 의미한다. 휴지기 상태의 뇌 영상은 기능성 자기 공명 영상 (fMRI)이나 전도도 영상 (EEG) 등의 뇌 영상 기술을 이용하여 측정될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 구현예에서, 뇌 영상은, 운동보조영역 (Supplementary motor area), 후대상피질 (posterior cingulate cortex), 상부-중앙 전두회 (Sup-mid. frontal gyrus), 측두엽극 (Temporal pole), 후대상피질-쐐기앞소엽 (posterior cingulate cortex- Precuneus), 우측 운동보조영역 (Supplementary motor area), 배외측 전전두피질 (dorsolateral prefrontal cortex), 중앙 측두회 (middle temporal gyrus) 및 상부 중앙 전두회 (superior medial frontal gyrus) 영역으로 이루어진 그룹에서 선택된 1 이상의 영역의 뇌영상이 포함된 것일 수 있다.

[0025] 본 명세서 상의 용어 "뇌 영역"은 특정 기준으로 구획되어 일정 부피를 갖는 뇌의 일부분을 의미한다. 본 발명에 있어서 뇌 영역은 진단 목적 및 대상의 특성을 고려하여 영역의 기능, 연관성, 위치, 세포의 구조와 구성 등의 임의의 기준으로 나누어질 수 있거나, 또는 기존에 존재하는 구획방법으로 나누어질 수 있다. 예를 들어, 뇌 영역은 위치 및 기능에 따라 해마 (hippocampus), 해마이랑 (parahippocampal gyrus), 전두엽 (frontal lobe), 뇌섬엽 (insula), 뇌섬엽 (insula), 일차 몸감각피질 (primary somatosensory cortex), 일차 운동피질 (primary motor cortex), 아래쪽 측두이랑 (inferior temporal gyrus), 위쪽 측두이랑 (superior temporal gyrus), 아래 전두이랑 (inferior frontal gyrus), 앞쪽 띠다발피질 (anterior cingulate cortex), 후각주위피질 (perirhinal cortex), 내후각피질 (entorhinal cortex) 등으로 구분될 수 있다. 또는, 뇌영역은 브로드만 영역 (Brodmann Area)에 따라 구획되어 브로드만 영역 1 내지 브로드만 영역 52로 구획될 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 구현예에서, 처리 단계는 의료데이터를 기초로 시간의 흐름에 따른 1 이상의 뇌영역의 활성도 변화 데이터를 생성하는 것일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 구현예에서, 처리 단계는 의료데이터를 노이즈 제거, 운동 보정, 공간 스무딩 및 표준 템플릿화 중 하나 이상의 작업을 수행하여 전처리하는 전처리 단계를 포함하는 것일 수 있다.

[0028] 본 발명의 다른 양태는, 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 컴퓨터 프로그램은 하나 이상의 프로세서에서 실행되는 경우, 아토피 피부염의 진단을 위한 정보를 제공하기 위한 이하의 동작들을 수행하도록 하며, 동작들은: 대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하는 처리 동작; 입력 데이터를 미

리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하는 생성 동작; 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 분류 동작; 을 포함하는 것인, 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이다.

[0029] 본 발명의 또 다른 양태는, 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하기 위한 컴퓨팅 장치로서, 하나 이상의 코어를 포함하는 프로세서; 및 메모리;를 포함하고, 프로세서는, 대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하고, 입력 데이터를 미리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하고, 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 것인, 컴퓨팅장치이다.

발명의 효과

[0030] 본 발명은 뇌영상 신호를 이용하여 아토피 피부염을 진단하기 위한 정보제공 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 방법 및 장치는 대상의 아토피 피부염을 뇌 영상 신호만을 통해서 진단 정보를 추출하는 것이 가능하며, 아토피 피부염의 진단 정확도를 향상시키는데 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 아토피 피부염 진단의 진단정보를 제공하기 위한 동작을 수행하는 컴퓨팅 장치의 블록구성도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 아토피 피부염 진단의 진단정보를 제공하기 위한 과정을 설명하기 위한 블록구성도를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 딥 뉴럴 네트워크를 나타낸 개략도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 뇌 영상으로부터 아토피 피부염 진단정보를 생성하기 위한 실험과정을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 아토피 피부염의 진단 정확도가 우수한 뇌영역을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0033] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 용어 "및/또는," "그리고/또는"은 그 관련되어 나열되는 항목들의 모든 조합들 및 어느 하나를 포함한다.

[0034] 또한, 명세서에 기재된 "…부", "…모듈"의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0035] 본 명세서 상에서 실시예들과 관련되어 설명된 다양한 예시적 논리적 블록들, 구성들, 모듈들, 회로들, 수단들, 로직들, 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 양쪽 모두의 조합들로 구현될 수 있음을 인식해야 한다. 하드웨어 및 소프트웨어의 상호교환성을 명백하게 예시하기 위해, 다양한 예시적 컴포넌트들, 블록들, 구성들, 수단들, 로직들, 모듈들, 회로들, 및 단계들은 그들의 기능성 측면에서 일반적으로 위에서 설명되었다. 그러한 기능성이 하드웨어로 또는 소프트웨어로서 구현되는지 여부는 전반적인 시스템에 부과된 특정 어플리케이션(application) 및 설계 제한들에 달려 있다. 숙련된 기술자들은 각각의 특정 어플리케이션들을 위해 다양한 방법들로 설명된 기능성을 구현할 수 있다. 다만, 그러한 구현의 결정들이 본 개시내용의 영역을 벗어나게 하는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 아토피 피부염 진단의 진단정보를 제공하기 위한 동작을 수행하는 컴퓨팅 장치의 블록구성도를 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 아토피 피부염 진단의 진단정보를 제공하기 위한 과정을 설명하기 위한 블록구성도를 도시한 도면이다.

[0038] 도 1 및 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 아토피 피부염 진단의 진단정보를 제공하기 위한 동작을 수행하는 컴퓨팅 장치는 프로세서 (100) 및 메모리 (200)를 포함할 수 있다.

[0039] 프로세서 (100)는, 대상의 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하고, 입력 데이터를 미리 학습된 아토피 예측 모델에 입력하여 하나 이상의 예측 정보를 생성하고, 예측 정보를 기초로 아토피피부염 환자 및 건강인을 분류하는 동작을 수행할 수 있다.

[0040] 프로세서 (100)는, 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성할 때, 노이즈 제거, 운동 보정, 공간 스무딩 및 표준 템플릿화 중 하나 이상의 작업을 수행하여 전처리하는 동작을 수행할 수 있다.

[0041] 의료데이터는 뇌 영상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 의료데이터는 뇌영역 중 하나 이상의 뇌영역에 대한 영상을 포함하는 것일 수 있다. 이때, 의료데이터는 이산적 영상 요소들로 구성된 다차원 의료 영상 데이터를 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 의료 데이터는 전산화 단층 촬영 (computed tomography; CT), 자기 공명 영상 (magnetic resonance imaging; MRI), 기능성 자기 공명 영상 (Functional magnetic resonance imaging; fMRI), 안저 영상, 초음파 또는 본 발명의 기술분야에서 공지된 임의의 다른 의료 영상 시스템의 의하여 수집된 대상 (subject)의 의료 영상일 수 있고, 예를 들어, 기능성 자기 공명 영상일 수 있다.

[0042] 프로세서 (100)는, 뇌 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성할 때, 의료데이터를 균일화하는 동작을 수행할 수 있다. 예를 들어, 뇌 자기 공명 영상을 포함하는 의료데이터를 기초로 입력 데이터를 생성하는 경우, 뇌 자기 공명 영상의 강도 (intensity)를 조절하여 뇌 자기 공명영상을 균일화하는 동작을 수행하여 입력 데이터를 생성할 수 있다. 뇌 자기 공명영상이 균일화되는 경우, 아토피 예측 모델의 학습 및 모델을 통한 진단 정보 생성에 유리할 수 있다.

[0043] 입력데이터는 의료데이터를 기초로 생성된 시간의 흐름에 따른 1 이상의 뇌영역의 활성도 변화 데이터를 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 의료 데이터는 기능성 뇌 자기 공명영상으로부터 대상 영역의 복셀 (voxel)을 정의하고, 시간의 흐름에 따른 각 복셀 영역에서 뇌의 활성도 변화가 나타난 데이터를 포함하는 것일 수 있다.

[0044] 뇌영상은 하나 이상의 뇌 영역이 포함된 것일 수 있다. 뇌영역은 사용 목적 및 예측 정확도를 기반으로 적절히 선택될 수 있고, 예를 들어, 뇌영역은 일차 체감각 피질/1차 운동 피질 (primary somatosensory cortex/primary motor cortex), 1차 운동 피질 (primary motor cortex), 1차 운동 피질-상부 두정엽 (M1-superior parietal cortex), 중심방소엽 (Paracentral lobule), 운동보조영역 (Supplementary motor area), 상부 중심뒤이랑 (Superior parietal gyrus), 전측 뇌섬엽 (Anterial. Insula), 중앙 뇌섬엽 (middle insula), 시상 (Thalamus), 하부 판개-상부 측두회-전측 뇌섬엽 (Inferior operculum - superior temporal gyrus - anterial insula), 상부-중앙 전두회 (Superior-middle frontal gyrus), 상부 전두회 (Superior frontal gyrus), 중앙 전두회 (Middle frontal gyrus), 하부 전두회 (Inferior frontal gyrus), 안와전두피질 (orbito-frontal cortex), 안와전두피질-전대상피질 (orbito-frontal cortex- anterior cingulate cortex), 전대상피질 (anterior cingulate cortex), 후대상피질 (posterior cingulate cortex), 쐐기앞소엽 (Precuneus), 후대상피질-쐐기앞소엽 (posterior cingulate cortex- Precuneus), 측두-두정접합 (temporo-parietal junction), 측두엽극 (Temporal pole), 중앙 측두회 (middle temporal gyrus), 하부 측두회 (inferior temporal gyrus), 하부 중심뒤이랑 (Inferior parietal gyrus), 설형회전-해마곁이랑-방추상회 (Lingual-parahippocampal-fusiform gyrus) 으로 이루어진 그룹에서 선택된 1 이상의 뇌 영역인 것일 수 있다.

[0045] 한편, 뇌 영상은 휴지기의 뇌 영상인 것일 수 있다. 휴지기 상태는 영상 촬영 대상이 특정한 활동을 하지 않은 상태에서 촬영된 뇌영상을 의미하며, 후술할 실험 결과와 같이 본 발명의 발명자들은 휴지기 상태의 뇌 영상을 통해 아토피 피부염의 예측 및 아토피 피부염을 진단하는 것이 정확도가 우수함을 확인하였다.

[0046] 미리 학습된 아토피 예측 모델은 딥 뉴럴 네트워크 (deep neural network; DNN)일 수 있다. 딥 뉴럴 네트워크는 입력 레이어, 출력 레이어를 포함할 수 있고, 또는 입력 레이어 및 출력 레이어 외의 별개의 복수의 히든 레이어를 포함하는 것일 수 있다. 딥 뉴럴 네트워크는 컨볼루셔널 뉴럴 네트워크 (convolutional neural network; CNN), 리커런트 뉴럴 네트워크(recurrent neural network; RNN), 장기-단기 메모리 (Long Short-Term Memory) 알고리즘, 제한 볼츠만 머신 (restricted boltzmann machine; RBM), 심층 신뢰 네트워크(deep belief network; DBN), Q 네트워크, U 네트워크, 샴 네트워크 등을 포함할 수 있고, 예를 들어, 딥 뉴럴 네트워크는 리커런트 뉴럴 네트워크, 구체적으로, 장기-단기 메모리 알고리즘일 수 있다.

[0047] 장기-단기 메모리 알고리즘 (Long Short-Term Memory; LSTM) 모델은 인공 신경망의 한 종류로, 순환 신경망 (RNN)의 변형이다. LSTM은 RNN의 한계를 해결하기 위해 고안되었으며, 특히 장기간에 걸친 패턴을 학습하는 데

있어서 RNN보다 뛰어난 성능을 보인다. LSTM은 은닉 상태 (hidden state)뿐만 아니라 셀 상태 (cell state)라는 추가적인 정보 흐름을 도입하여 장기적인 의존성을 처리할 수 있다. LSTM은 '게이트' 구조를 통해 장기적인 의존성을 처리하며, 게이트는 셀 상태에 어떤 정보를 추가하거나 제거할지를 결정한다. 게이트는 새로운 정보를 셀 상태에 추가할지 결정하는 입력 게이트 (input gate), 현재의 셀 상태에서 어떤 정보를 제거할지 결정하는 망각 게이트 (forget gate), 갱신된 셀 상태를 바탕으로 어떤 출력을 생성할지 결정하는 출력 게이트 (output gate)의 세 가지로 구성되어 있다. 본 발명에 있어서 LSTM 모델은 뇌영상 신호 분석에 사용될 수 있다. 전술한 바와 같이 입력 데이터는 시간의 흐름에 따른 1 이상의 뇌영역의 활성도 변화 데이터를 포함하는 것일 수 있고, 이러한 데이터는 시간에 따라 변화하는 패턴을 보이므로, LSTM과 같은 순환 신경망이 이를 모델링하는 데 적합하다.

[0048] 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치에서 아토피 예측 모델은 하나 이상의 LSTM 레이어를 포함할 수 있고, 예를 들어, 아토피 예측 모델은 2개의 LSTM 레이어가 순차적으로 연결되고, 완전연결 레이어 (fully connected layer)가 연결되는 모델인 것일 수 있다.

[0049] 대상은 아토피 피부염 환자일 수 있다. 따라서, 일 실시예에 아토피 피부염의 진단을 위한 정보를 제공하기 위한 컴퓨팅 장치는 아토피 피부염의 진단 정보를 생성하는 동작을 수행하는 것일 수 있다.

[0050] 프로세서 (100)는, 하나 이상의 코어로 구성될 수 있으며, 컴퓨팅 장치의 중앙 처리 장치 (central processing unit; CPU), 그래픽 처리 장치 (graphics processing unit; GPU), 텐서 처리 장치(tensor processing unit; TPU) 등의 데이터 분석, 딥러닝을 위한 프로세서를 포함할 수 있다. 프로세서는, 메모리에 저장된 컴퓨터 프로그램을 판독하여 일 실시예에 따른 기계 학습을 위한 데이터 처리를 수행할 수 있다. 일실시예에 따라 프로세서는, 신경망의 학습을 위한 연산을 수행할 수 있다. 프로세서는, 딥러닝 (deep learning; DL)에서 학습을 위한 입력 데이터의 처리, 입력 데이터에서의 피처 추출, 오차 계산, 역전파 (backpropagation)를 이용한 신경망의 가중치 업데이트 등의 신경망의 학습을 위한 계산을 수행할 수 있다. 프로세서(110)의 CPU, GPU, 및 TPU 중 적어도 하나가 네트워크 함수의 학습을 처리할 수 있다.

[0051] 메모리 (200)는, 플래시 메모리 타입 (flash memory type), 하드디스크 타입 (hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입 (multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리 (예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램 (Random Access Memory; RAM), SRAM (Static Random Access Memory), 롬 (Read-Only Memory; ROM), EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM (Programmable Read-Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.

[0052] 일 실시예에 따른 아토피 피부염 진단을 위한 정보를 제공하기 위한 동작을 수행하는 컴퓨팅 장치는 필요에 따라 뇌 영상 및 기타 데이터를 송수신하기 위한 네트워크부 및 기타 컴퓨팅 과정에서 이용되는 데이터를 저장 및 관리하기 위한 데이터베이스를 더 포함할 수 있다. 따라서, 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치는 MRI 촬영장치, PET 촬영장치 등을 포함하는 뇌영상 촬영 장치들과 유무선 통신이 가능할 수 있다. 생성된 입력 데이터, 입력 데이터로부터 생성된 예측 정보는 데이터베이스에 저장될 수 있으며, 데이터베이스에 저장된 데이터는 사용자로부터 인가된 외부 입력에 의해 삭제, 수정 등의 관리가 이루어질 수 있다.

[0053] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 딥 뉴럴 네트워크를 나타낸 개략도이다.

[0054] 뉴럴 네트워크는 입력 데이터로부터 특징 데이터를 추출하고 특징 데이터를 이용한 추론 (inference) 연산을 제공하도록 설계된 기계 학습 구조의 모델을 나타낼 수 있다. 이때, 특징 데이터는 입력 데이터가 추상화된 특징에 관한 데이터를 나타낼 수 있다. 도 2는 설명의 편의를 위해 히든 레이어가 3개의 레이어를 포함하는 것으로 도시되었으나, 히든 레이어에는 다양한 수의 레이어들을 포함할 수 있다. 신경망은 하나 이상의 레이어를 포함할 수 있으며, 각각의 레이어는 하나 이상의 노드를 포함할 수 있다.

[0055] 노드 (또는 유닛)은 각 레이어를 구성하는 요소로, 각각의 레이어는 노드 또는 노드들의 집합으로 구성될 수 있다. 뉴럴 네트워크내에서 출력 레이어를 제외한 레이어들의 노드들은 출력 신호를 전송하기 위한 링크들을 통해 다음 레이어의 노드들과 연결될 수 있다. 이때, 각각의 레이어들의 노드들은 링크를 통해 서로 연결될 수 있으며, 연결된 레이어의 노드들은 신호의 송 수신 여부에 따라 입력 노드 및 출력 노드의 관계에 있을 수 있다. 링크를 통해 연결된 노드 중, 출력 노드의 데이터는 입력 노드에 입력된 데이터에 따라 값이 결정될 수 있다. 히든 레이어에 포함된 각각의 노드에는 이전 레이어에 포함된 노드들의 가중된 입력들 (weighted inputs)에 관한 활성 함수 (activation function)의 출력이 입력될 수 있다. 가중된 입력은 이전 레이어에 포함된 노드들의 입력에 가중치(weight)가 반영된 것이다. 이때, 가중치는 가변적일 수 있으며, 신경망의 기능 및 알고리즘에 따라

서 가변될 수 있다. 가중치는 뉴럴 네트워크의 파라미터로 지칭될 수 있으며, 활성 함수는 시그모이드 (sigmoid), 하이퍼볼릭 탄젠트 (hyperbolic tangent; tanh) 및 렐루 (rectified linear unit; ReLU)를 포함할 수 있다.

[0056] 최초 입력 노드는 신경망 내의 노드들 중 다른 노드들과의 관계에서 링크를 거치지 않고 데이터가 직접 입력되는 하나 이상의 노드들을 의미할 수 있다. 또는, 신경망 네트워크 내에서, 링크를 기준으로 한 노드 간의 관계에 있어서, 링크로 연결된 다른 입력 노드들을 가지지 않는 노드들을 의미할 수 있다. 이와 유사하게, 최종 출력 노드는 신경망 내의 노드들 중 다른 노드들과의 관계에서, 출력 노드를 가지지 않는 하나 이상의 노드들을 의미할 수 있다. 또한, 히든 노드는 최초 입력 노드 및 최후 출력 노드가 아닌 신경망을 구성하는 노드들을 의미할 수 있다.

[0057] 딥 뉴럴 네트워크 (deep neural network; DNN)는 입력 레이어와 출력 레이어 외에 복수의 히든 레이어를 포함하는 신경망을 의미할 수 있다. 딥 뉴럴 네트워크를 이용하면 데이터의 잠재적인 구조 (latent structures)를 파악할 수 있다. 즉, 사진, 글, 비디오, 음성, 음악의 잠재적인 구조 (예를 들어, 어떤 물체가 사진에 있는지, 글의 내용과 감정이 무엇인지, 음성의 내용과 감정이 무엇인지 등)를 파악할 수 있다. 딥 뉴럴 네트워크는 컨볼루션 뉴럴 네트워크 (convolutional neural network; CNN), 리커런트 뉴럴 네트워크 (recurrent neural network; RNN), 장기-단기 메모리 알고리즘, 오토 인코더 (auto encoder), GAN (Generative Adversarial Networks), 제한 볼츠만 머신 (restricted boltzmann machine; RBM), 심층 신뢰 네트워크 (deep belief network; DBN), Q 네트워크, U 네트워크, 샴 네트워크, 적대적 생성 네트워크(GAN: Generative Adversarial Network) 등을 포함할 수 있다.

[0058] 뉴럴 네트워크는 각각의 학습 데이터에 정답이 라벨링 된 학습데이터를 이용하는 교사 학습 (supervised learning), 학습 데이터에 정답이 라벨링 되지 않은 비교사 학습 (unsupervised learning), 반교사학습 (semi supervised learning), 또는 강화학습 (reinforcement learning) 중 적어도 하나의 방식으로 학습될 수 있다. 이때, 뉴럴 네트워크를 통한 출력과 라벨 또는 학습 데이터가 비교되면서 오류가 계산될 수 있고, 계산된 오류는 뉴럴 네트워크에서 역방향(즉, 출력 레이어에서 입력 레이어 방향)으로 역전파 되며, 역전파에 따라 뉴럴 네트워크의 각 레이어의 각 노드들의 연결 가중치가 업데이트 될 수 있다. 업데이트 되는 각 노드의 연결 가중치는 학습률(learning rate)에 따라 변화량이 결정될 수 있다.

[0059] 과적합 (overfitting)은 뉴럴 네트워크에서 학습 데이터에 대한 학습이 과하게 일어나게 됨에 따라 학습 수가 증가함에도 오히려 오류가 증가하는 현상이다. 과적합은 머신러닝 알고리즘의 오류를 증가시키는 원인으로 작용할 수 있으며, 이러한 과적합을 막기 위하여 다양한 최적화 방법이 사용될 수 있다. 과적합을 막기 위해서는 학습 데이터를 증가시키거나, 레귤라이제이션 (regularization), 학습의 과정에서 네트워크의 노드 일부를 비활성화하는 드롭아웃 (dropout), 배치 정규화 레이어 (batch normalization layer)의 활용 등의 방법이 적용될 수 있다.

[0061] 이하, 본 발명을 하기의 실시예에 의하여 더욱 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0063] **실시예 1: 실험 방법**

[0064] 실험은 경희대학교 한방병원의 기관 연구심사위원회에 의해 승인받고 (KOMCIRB 2020-06-003), 한국 임상시험 유사기관(KCT0005422)에 등록 후 진행되었다. 경증-중등도 아토피피부염 환자 41명 (남성 22명, 평균 ± 표준편차: 24.34 ± 5.29 세)과 대조군 40명 (남성 20명, 평균 ± 표준편차: 26.4 ± 5.32 세)이 참여하였다. 모든 참가자는 동의서를 작성하였고, 헬싱키 선언 원칙에 따라 윤리적으로 실험이 진행되었다. 침술치료 (수기침술, 1주일에 2회, 4주간, 각 세션 15분) 전에 휴지기 상태의 기능자기공명영상(rs-fMRI) 데이터를 얻었다. 아토피피부염 환자는 실제 침술 (n = 27)과 가짜 침술치료 (n = 14)를 무작위로 받았다. 침술치료 후, 최소 치료적 중요 차이에 따라 고반응군 11명과 저반응군 16명으로 분류되었다. 구체적으로, 환자가 SCORing Atopic Dermatitis 총점이 0-10점 척도에서 8.7점 이상 감소하면 고반응군으로 분류하였고, 8.7 미만으로 감소한 경우에는 저반응군으로 분류하였다. 표 1의 38개 사전 정의된 관심영역 (ROIs)에 대해 실험을 수행하였다.

표 1

[0066]

번호	MNI 좌표 (X, Y, Z)	영역	정확도
1	-7.12, -52.22, 60.71	쐐기앞소엽 (Precuneus, 좌측)	0.67
2	-39.63, -19.04, 54.21	일차 체감각 피질/1차 운동 피질 (primary somatosensory cortex/primary motor cortex, 좌측)	0.78
3	44.34, -7.55, 56.98	1차 운동 피질 (primary motor cortex, 우측)	0.69
4	-29.1, -43, 60.66	1차 운동 피질-상부 두정엽 (M1-sup. parietal cortex, 좌측)	0.69
5	2.4, -27.94, 60.15	중심방소엽 (Paracentral lobule, 우측)	0.78
6	-2.88, 2.38, 53.21	운동보조영역 (Supplementary motor area, 좌측)	0.76
7	6.52, 7.69, 50.58	운동보조영역 (Supplementary motor area, 우측)	0.87
8	25.34, -58.18, 60.34	상부 중심뒤이랑 (Sup. parietal gyrus, 우측)	0.67
9	-16.5, -58.57, 64.46	상부 중심뒤이랑 (Sup. parietal gyrus, 좌측)	0.67
10	-35.44, 20.03, 0.07	전측 뇌섬엽 (Anterial. Insula, 좌측)	0.67
11	35.91, 21.91, 2.62	전측 뇌섬엽 (Anterial. Insula, 우측)	0.67
12	-44.76, 0.1, 8.83	중앙 뇌섬엽 (middle insula, 좌측)	0.69
13	-10.28, -18.48, 7.04	시상 (Thalamus, 좌측)	0.69
14	11.75, -17.18, 7.54	시상 (Thalamus, 우측)	0.66
15	-51.26, 8.26, -2.06	하부 판개-상부 측두회-전측 뇌섬엽 (Inf. operculum - sup. temporal gyrus - ant. insula, 좌측)	0.71
16	23.33, 33.07, 47.68	상부-중앙 전두회 (Sup-mid. frontal gyrus, 우측)	0.84
17	-16.4, 28.52, 53.05	상부 전두회 (Sup. frontal gyrus, 좌측)	0.9
18	-35.36, 19.86, 50.8	중앙 전두회 (Mid. frontal gyrus, 좌측)	0.81
19	6.11, 63.98, 21.96	상부 중앙 전두회 (Sup. med. frontal gyrus, 우측)	0.66
20	-2.06, 37.85, 36.34	상부 중앙 전두회 (Sup. med. frontal gyrus, 좌측)	0.82
21	26.07, 49.56, 26.58	중앙 전두회 (Mid. frontal gyrus, 우측)	0.75
22	47.6, 22.16, 9.74	하부 전두회 (Inf. frontal gyrus, 우측)	0.71
23	-42.09, -54.98, 44.74	하부 전두회 (Inf. frontal gyrus, 좌측)	0.67
24	-17.65, 63.19, -9.17	안와전두피질 (orbito-frontal cortex, 좌측)	0.73
25	-46.17, 31.26, -13.03	안와전두피질 (orbito-frontal cortex, 우측)	0.66
26	-3.06, 44.41, -9.46	안와전두피질-전대상피질 (orbito-frontal cortex- anterior cingulate cortex, 좌측)	0.74
27	-2.5, 41.7, 16.05	전대상피질 (anterior cingulate cortex, 좌측)	0.67
28	7.51, 42.49, -5.35	전대상피질 (anterior cingulate cortex, 우측)	0.67

29	12.25, 35.63, 20.3	전대상피질 (anterior cingulate cortex, 우측)	0.67
30	7.94, -48.37, 30.57	후대상피질 (posterior cingulate cortex, 우측)	0.78
31	15.12, -63.09, 25.98	쐐기앞소엽 (Precuneus, 우측)	0.73
32	-2.2, -36.68, 43.85	후대상피질-쐐기앞소엽 (posterior cingulate cortex- Precuneus, 좌측)	0.79
33	-45.79, -60.69, 20.85	측두-두정접합 (temporo-parietal junction, 좌측)	0.74
34	-43.58, 11.99, -34.15	측두엽극 (Temporal pole, 좌측)	0.78
35	64.64, -11.8, -19.3	중앙 측두회 (mid. temporal gyrus, 우측)	0.89
36	58.31, -52.79, -13.61	하부 측두회 (inf. temporal gyrus, 우측)	0.72
37	43.93, -52.95, 46.95	하부 중심뒤이랑 (Inf. parietal gyrus, 우측)	0.67
38	-33.93, -38.06, -15.6	설형회전-해마곁이랑-방추상회 (Lingual-parahippocampal-fusiform gyrus, 좌측)	0.9

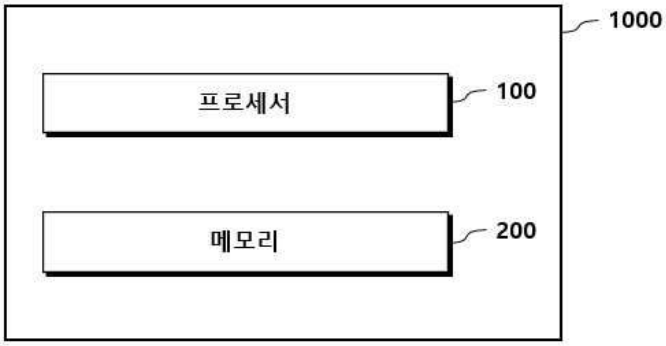
[0068] 휴지기 상태의 데이터는 FMRIB의 소프트웨어 라이브러리로 전처리되었고, 노이즈 제거, 운동 보정, 공간 스무딩 및 표준 템플릿화 하였다. 장기-단기 메모리 (Long short-term memory; LSTM) 은 시간에 따른 동적 뇌 활동을 포착하기 위해 scikit-learn, Keras, 그리고 TensorFlow(12) 라이브러리를 사용하여 관련된 시계열 동적 정보를 추출하기 위해 사용되었다 (도 4 참조). LSTM 모델은 입력 시퀀스의 문맥 정보를 유지하기 때문에, LSTM의 사용은 시간 경과에 따른 동적 뇌 활동을 캡처하기에 적합하다. 전처리된 rs-fMRI 데이터는 두 개의 LSTM 및 하나의 dense 레이어를 가진 신경망 순차 모델의 입력으로 사용되었다. 부트스트래핑 (n = 100) 과 LSTM 분류기를 사용한 4겹 교차 검증에서 얻은 분류 정확도의 유의성은 t-검증을 사용하여 우연수준(0.5)으로 테스트되었다. 유의성 임계값은 $p < 0.05$에서 설정되었다.

[0070] **실시예 2: 결과**

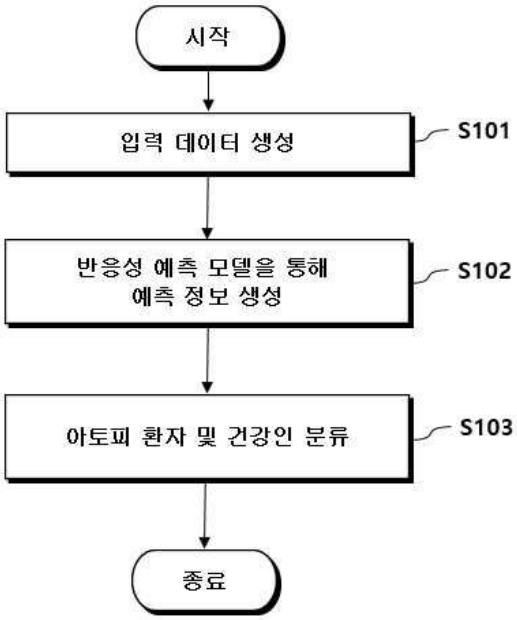
[0071] LSTM 모델의 각 관심영역 (ROIs)의 평가 결과는 도 5에 나타내었다. 아토피피부염 환자와 대조군을 식별하기 위해, 좌측 운동보조영역 (Supplementary motor area; SMA, 평균 정확도 0.85), 우측 후대상피질 (posterior cingulate cortex ; PCC, 0.82), 좌측 상부-중앙 전두회 (Sup-mid. frontal gyrus, 0.81, $p < 0.001$/0.80, $p < 0.01$), 측두엽극 (Temporal pole, 0.79), 후대상피질-쐐기앞소엽 (posterior cingulate cortex- Precuneus; 0.79), 우측 운동보조영역 (Supplementary motor area, 0.78), 배외측 전전두피질 (dorsolateral prefrontal cortex, 0.78, $p < 0.001$), 중앙 측두회 (middle temporal gyrus, 0.77), 상부 중앙 전두회 (superior medial frontal gyrus, 0.75, $p < 0.01$)가 높은 예측 정확도를 보였음을 확인하였다.

도면

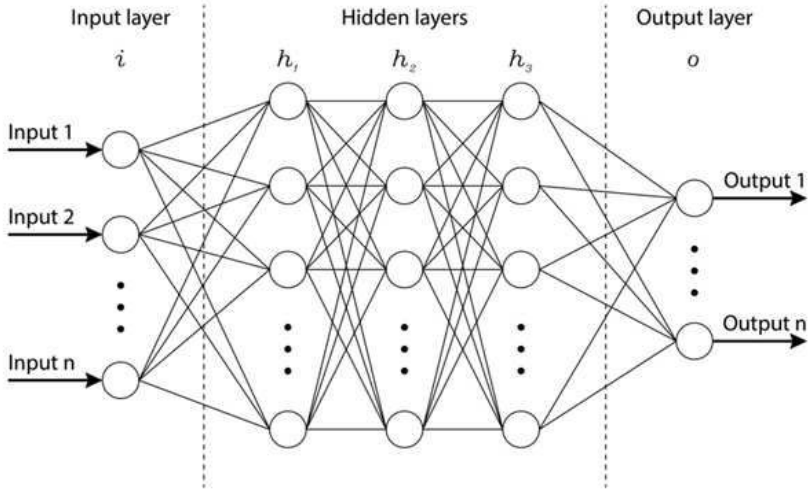
도면1


1000
프로세서
100
메모리
200

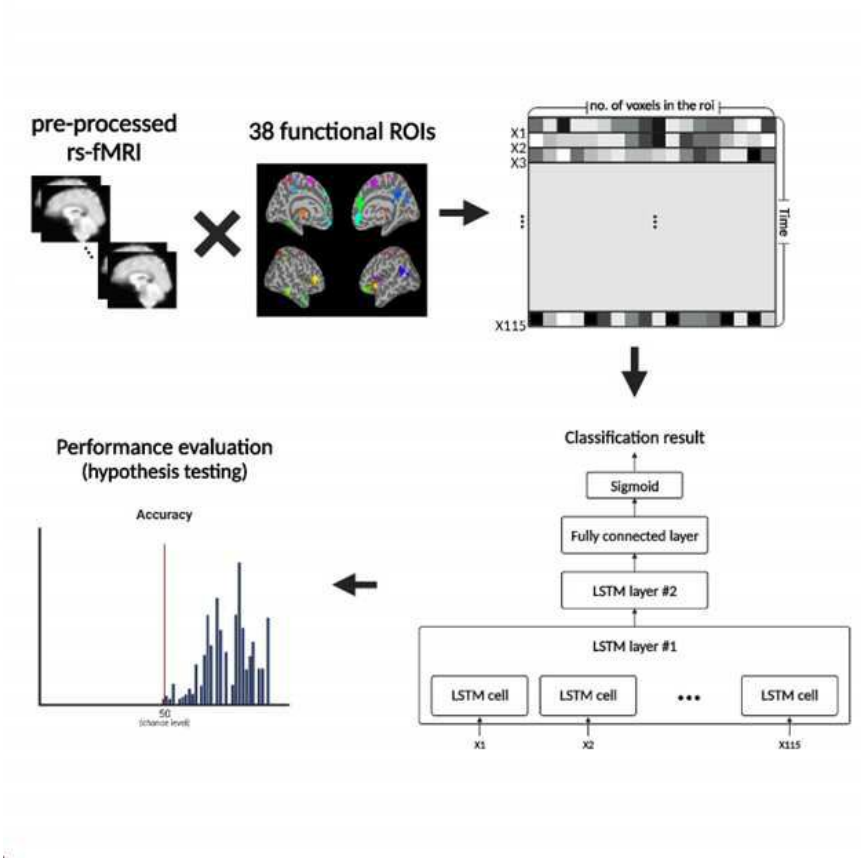
도면2


시작
입력 데이터 생성
S101
반응성 예측 모델을 통해
예측 정보 생성
S102
아토피 환자 및 건강인 분류
S103
종료

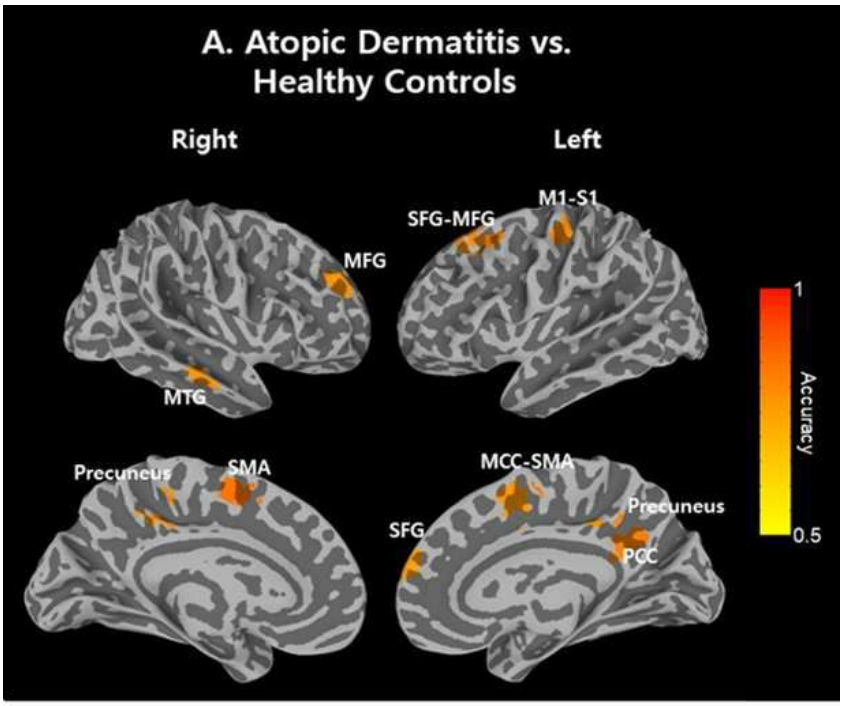
도면3


Input layer
Hidden layers
Output layer
i
h1
h2
h3
o
Input 1
Input 2
Input n
Output 1
Output n

도면4


pre-processed
rs-fMRI
38 functional ROIs
no. of voxels in the roi
X1
X2
X3
X115
Time
Classification result
Sigmoid
Fully connected layer
LSTM layer #2
LSTM layer #1
LSTM cell
LSTM cell
LSTM cell
X1
X2
X115
Performance evaluation
(hypothesis testing)
Accuracy
50

도면5


A. Atopic Dermatitis vs.
Healthy Controls
Right
Left
M1-S1
SFG-MFG
MFG
MTG
Precuneus
SMA
MCC-SMA
SFG
Precuneus
PCC
1
Accuracy
0.5