



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월06일

(11) 등록번호 10-2739982

(24) 등록일자 2024년12월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 33/56 (2006.01) G01R 33/36 (2006.01)

G06F 17/14 (2006.01) G06F 17/18 (2006.01)

G06N 3/08 (2023.01)

(52) CPC특허분류

G01R 33/5608 (2013.01)

G01R 33/36 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0080417

(22) 출원일자 2023년06월22일

심사청구일자 2023년06월22일

(56) 선행기술조사문헌

US20130211229 A1

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

고려대학교산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

임민주

서울특별시 성북구 보문로26길 83-6 501호

감태의

서울시 성북구 동소문로44길 43 101동 1805호

(74) 대리인

특허법인위솔

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 조원

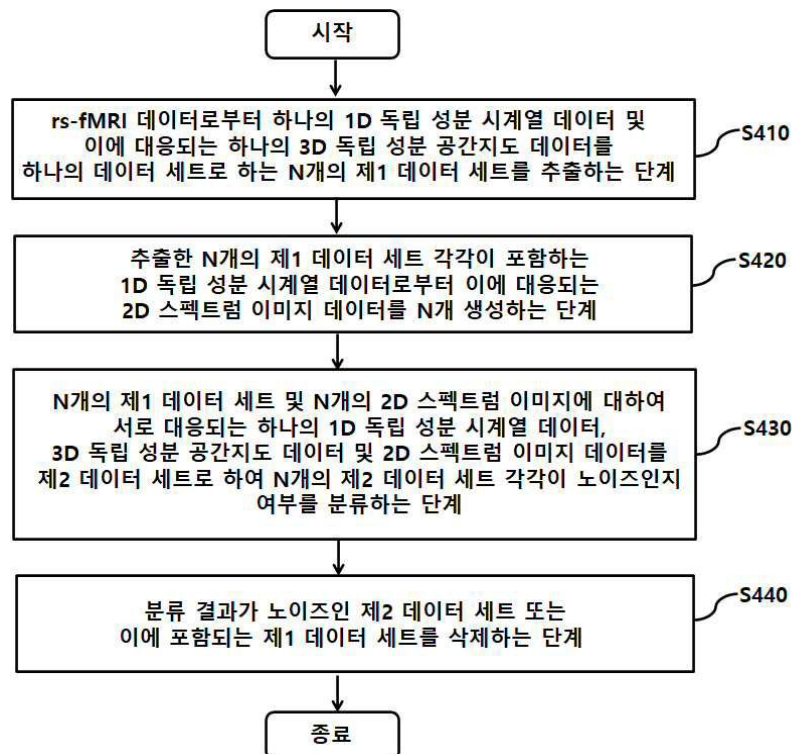
(54) 발명의 명칭 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법 및 이를 위한 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법은 (a) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트로서 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계, (b) 상기 추출한 N개의 제1

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N 개 생성하는 제2 단계, (c) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계 및 (d) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

G06F 17/148 (2013.01)

G06F 17/18 (2013.01)

G06N 3/08 (2023.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR102096565 B1

W02022215084 A1

W02023014578 A1

KR1020230076920 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711193973
과제번호	2019-0-00079-005
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	인공지능대학원지원(고려대학교)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

프로세서 및 메모리를 포함하는 장치가 휴식 상태 기능성 자기공명 영상(resting-state functional Magnetic Resonance Imaging, rs-fMRI)의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서,

(a) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계;

(b) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계;

(c) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계; 및

(d) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계;

를 포함하는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 단계에서 N개의 제1 데이터 세트의 추출은,

상기 rs-fMRI 데이터에 독립 성분 분석(Independent Component Analysis, ICA)을 적용하여 이루어지는,

휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 1D 독립 성분 시계열 데이터는,

상기 rs-fMRI 데이터를 획득한 사용자의 뇌 상의 특정 영역에서 시간 변화에 따른 뇌 활동 패턴을 나타낸 데이터이며,

이에 대응되는 상기 3D 독립 성분 공간지도 데이터는,

상기 1D 독립 성분 시계열 데이터 상에서의 뇌 활동 패턴이 발생하는 상기 뇌 상의 특정 영역을 뇌의 3D 모델에서 시각적으로 나타낸 데이터인,

휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 단계는,

상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각에 적용할 레이어(Layer) -상기 레이어는 연속 웨이블릿(Wavelet) 기반 컨벌루션 커널(kernel)을 복수 개 포함하며, 상기 복수 개의 연속 웨이블릿 기반 컨벌루션 커널은 웨이블릿 함수로부터 파생됨 - 을 이용하여 상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각에 대하여 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 수행하는 제2-1 단계; 및

상기 웨이블릿 변환의 수행 결과인 상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각의 웨이블릿 계수 - 상기 웨이

블릿 계수는 주파수 성분에 따른 하나 이상의 계수를 포함함 - 를 2D 매트릭스 형식으로 배열하고 시각화하여 N 개의 2D 스펙트럼 이미지를 생성하는 제2-2 단계;

를 포함하는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제3 단계는,

상기 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징(Feature)를 추출하는 제3-1 단계;

상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각에 대하여 상기 추출한 특징을 기반으로 각각의 데이터에 대한 노이즈 해당 여부를 분류하는 제3-2 단계; 및

상기 각각의 데이터에 대한 노이즈 해당 여부 결정 결과에 소프트맥스(Softmax) 및 소프트 보팅(Soft Voting)을 적용하여 상기 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 최종적으로 분류하는 제3-3 단계;

를 포함하는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제3-1 단계는,

상기 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징을 추출하는 제3-1-1 단계;

상기 추출한 특징에 맥스(Max Pooling) 풀링 및 평균 풀링(Average Pooling)을 적용하여 서로 상이한 두 가지 버전의 특징자(Descriptor)로 인코딩하는 제3-1-2 단계;

상기 인코딩한 두 가지 버전의 특징자 별로 결합(Concat)을 수행하는 제3-1-3 단계;

상기 결합을 수행한 두 가지 버전의 특징자를 하나 이상의 다중 퍼셉트론(Multi Layer Perceptron, MLP) 레이어를 통과시켜 정보를 융합한 후 합산하며, 시그모이드(Sigmoid) 게이트를 통과시켜 상기 추출한 특징이 융합된 어텐션 맵을 N개 생성하는 제3-1-4 단계; 및

상기 생성한 N개의 어텐션 맵을 기반으로 상기 N개의 어텐션 맵 각각을 생성하는데 이용한 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터로부터 상기 추출한 특징을 보정하여 특징으로 재추출하는 제3-1-5 단계;

를 포함하는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제3-1-5 단계 이후에,

상기 제3-1-2 단계로 회귀하며,

이 경우 상기 제3-1-2 단계에서의 특징은 상기 제3-1-5 단계에서 재추출한 특징으로 대체되는,

휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 N은,

상기 장치의 사용자가 설정 가능한,

휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법.

청구항 9

하나 이상의 프로세서;

네트워크 인터페이스;

상기 프로세서에 의해 수행되는 컴퓨터 프로그램을 로드(Load)하는 메모리; 및

대용량 네트워크 데이터 및 상기 컴퓨터 프로그램을 저장하는 스토리지를 포함하되,

상기 컴퓨터 프로그램은 상기 하나 이상의 프로세서에 의해,

(A) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계;

(B) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계;

(C) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계; 및

(D) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계;

를 실행하는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치.

청구항 10

컴퓨팅 장치와 결합하여,

(AA) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계;

(BB) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계;

(CC) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계; 및

(DD) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계;

를 실행하는 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다. 보다 자세하게는 딥러닝 방식을 도입하여 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호와 노이즈를 효과적으로 분류하여 제거할 수 있는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 휴식 상태 기능성 자기공명 영상(resting-state functional Magnetic Resonance Imaging, rs-fMRI)은 뇌 활동에 의해 유도된 혈압-산소-중요도(BOLD) 신호의 시간 동기화를 기반으로한 비침습적인 뇌 기능 연구 방법의 대표적인 수단이며, 이는 휴식 상태 네트워크(RSNs)를 생성하여 뇌를 분석하거나 연구하는데 활용되나, 신경 활동에서 발생하는 신경 신호, 촬영 대상인 환자의 머리 움직임, 심장 박동 또는 호흡 주기와 같은 생리적 변동 그

리고 MRI 하드웨어/소프트웨어 등으로 인해 다양한 노이즈와 아티팩트가 발생한다는 문제점이 있다.

[0003] 이러한 노이즈는 신호 대 잡음비(SNR)를 감소시켜 신경 신호나 휴식 상태 네트워크를 확인하기 어렵게 만들며, 더 나아가 휴식 상태 네트워크의 감지와 해석에 있어서 휴식 상태 기능성 자기공명 영상 연구의 통계적 신뢰도를 감소시키며 재현성 역시 감소시키기 때문에 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호와 노이즈를 분류하는 전처리 작업은 그 무엇보다 중요하게 평가받고 있다.

[0004] 이에 대하여 종래 기술은 노이즈 제거를 위해 외부 기기로부터 측정된 생체 신호(예를 들어, 심전도, 호흡 등)들을 활용하여 잡음을 모델링하고 제거하는 참조 기반(Reference-based) 방법을 많이 활용하였으나, 생체 신호를 측정할 수 없다거나 복잡한 노이즈에 대해서는 효과적이지 않다는 문제점이 존재하였으며, 후자의 경우 연구자 또는 전문가의 판단이 필요하여 시간 및 비용의 측면에서 효율적이지 못하고, 육안에 따른 판단이기에 판단의 정확도가 결여될 수 있다는 문제점까지 존재하였다.

[0005] 본 발명은 이와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호와 노이즈를 분류하고, 분류한 노이즈를 제거함에 있어서 딥러닝 방식을 도입함으로써 모든 과정을 자동화한 새롭고 진보적인 기술에 관한 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제 10-2023-0076920호(2023.06.01)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 인공지능 기반의 딥러닝 모델이 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호와 노이즈를 자동으로 분류하고, 분류한 노이즈를 제거까지할 수 있는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법 및 이를 위한 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는 복잡한 노이즈라 할지라도 연구자 또는 전문가의 판단이 필요하지 않게 함으로써 시간 및 비용의 측면에서 현저하게 경제적이고, 판단의 정확도까지 향상시킬 수 있는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법 및 이를 위한 장치를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법은 (a) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계, (b) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계, (c) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계 및 (d) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계를 포함한다.

[0011] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 단계에서 N개의 제1 데이터 세트의 추출은,

[0012] 상기 rs-fMRI 데이터에 독립 성분 분석(Independent Component Analysis, ICA)을 적용하여 이루어질 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 1D 독립 성분 시계열 데이터는, 상기 rs-fMRI 데이터를 획득한 사용자의 뇌 상의 특정 영역에서 시간 변화에 따른 뇌 활동 패턴을 나타낸 데이터이며, 이에 대응되는 상기 3D 독립 성분 공간지도 데이터는, 상기 1D 독립 성분 시계열 데이터 상에서의 뇌 활동 패턴이 발생하는 상기 뇌 상의 특정 영역을 뇌의

3D 모델에서 시각적으로 나타낸 데이터일 수 있다.

- [0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 제2 단계는, 상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각에 적용할 레이어(Layer) -상기 레이어는 연속 웨이블릿(Wavelet) 기반 컨벌루션 커널(kernel)을 복수 개 포함하며, 상기 복수 개의 연속 웨이블릿 기반 컨벌루션 커널은 웨이블릿 함수로부터 파생됨 - 을 이용하여 상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각에 대하여 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 수행하는 제2-1 단계 및 상기 웨이블릿 변환의 수행 결과인 상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각의 웨이블릿 계수 - 상기 웨이블릿 계수는 주파수 성분에 따른 하나 이상의 계수를 포함함 - 를 2D 매트릭스 형식으로 배열하고 시각화하여 N개의 2D 스펙트럼 이미지를 생성하는 제2-2 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 제3 단계는, 상기 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징(Feature)를 추출하는 제3-1 단계, 상기 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각에 대하여 상기 추출한 특징을 기반으로 각각의 데이터에 대한 노이즈 해당 여부를 분류하는 제3-2 단계 및 상기 각각의 데이터에 대한 노이즈 해당 여부 결정 결과에 소프트맥스(Softmax) 및 소프트 보팅(Soft Voting)을 적용하여 상기 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 최종적으로 분류하는 제3-3 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시 예에 따르면, 상기 제3-1 단계는, 상기 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징을 추출하는 제3-1-1 단계, 상기 추출한 특징에 맥스(Max Pooling) 풀링 및 평균 풀링(Average Pooling)을 적용하여 서로 상이한 두 가지 버전의 특징자(Descriptor)로 인코딩하는 제3-1-2 단계, 상기 인코딩한 두 가지 버전의 특징자 별로 결합(Concat)을 수행하는 제3-1-3 단계, 상기 결합을 수행한 두 가지 버전의 특징자를 하나 이상의 다중 퍼셉트론(Multi Layer Perceptron, MLP) 레이어를 통과시켜 정보를 융합한 후 합산하며, 시그모이드(Sigmoid) 게이트를 통과시켜 상기 추출한 특징이 융합된 어텐션 맵을 N개 생성하는 제3-1-4 단계 및 상기 생성한 N개의 어텐션 맵을 기반으로 상기 N개의 어텐션 맵 각각을 생성하는데 이용한 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터로부터 상기 추출한 특징을 보정하여 특징으로 재추출하는 제3-1-5 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 제3-1-5 단계 이후에, 상기 제3-1-2 단계로 회귀하며, 이 경우 상기 제3-1-2 단계에서의 특징은 상기 제3-1-5 단계에서 재추출한 특징으로 대체될 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 N은, 상기 장치의 사용자가 설정 가능할 수 있다.
- [0019] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치는 하나 이상의 프로세서, 네트워크 인터페이스, 상기 프로세서에 의해 수행되는 컴퓨터 프로그램을 로드(Load)하는 메모리 및 대용량 네트워크 데이터 및 상기 컴퓨터 프로그램을 저장하는 스토리지를 포함하되, 상기 컴퓨터 프로그램은 상기 하나 이상의 프로세서에 의해, (A) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계, (B) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계, (C) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계 및 (D) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계를 실행한다.
- [0020] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램은 컴퓨팅 장치와 결합하여, (AA) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계, (BB) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계, (CC) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계 및 (DD) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는

이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계를 실행한다.

발명의 효과

- [0021] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 딥러닝 모델이 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호와 노이즈를 자동으로 분류하고, 분류한 노이즈를 제거까지할 수 있는바, 복잡한 노이즈라 할지라도 연구자 또는 전문가의 판단이 필요하지 않게되기에 시간 및 비용의 측면에서 현저하게 경제적일 수 있다는 효과가 있다.
- [0022] 또한, 딥러닝 모델이 노이즈를 분류하기에 사람이 육안으로 판별하기 어렵거나 알수없는 유형의 노이즈까지 분류할 수 있다는 효과가 있다.
- [0023] 또한, 하나의 데이터만을 이용하는 것이 아니라 휴식 상태 기능성 자기공명 영상으로부터 추출한 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 3D 독립 성분 공간지도 데이터 그리고 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 생성한 2D 스펙트럼 이미지 데이터까지 분류에 활용하기에 노이즈 분류 성능이 향상될 수 있다는 효과가 있다.
- [0024] 또한, 노이즈 여부를 분류하기 위한 복수 개의 데이터 상호간에 정보(또는 특징)를 융합하여 어텐션 맵을 생성하고, 이를 기초로 각각의 데이터로부터 추출한 특징을 보정하는바, 딥러닝 모델의 성능, 더 나아가 노이즈 분류 성능까지 향상될 수 있다는 효과가 있다.
- [0025] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해 될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치가 포함하는 전체 구성을 예시적으로 도시한 도면이다.
- 도 2는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호의 예시이다.
- 도 3은 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 노이즈의 예시이다.
- 도 4는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법의 대표적인 단계를 나타낸 순서도이다.
- 도 5는 독립 성분 분석의 모습을 예시적으로 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 생성하는 제2 단계를 구체화한 순서도이다.
- 도 7은 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 생성하는 과정을 예시적으로 도시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계를 구체화한 순서도이다.
- 도 9는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징을 추출하는 제3-1 단계를 구체화한 순서도이다.
- 도 10은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 따른 성능평가 테이블이다.
- 도 11은 앞서 설명을 보류한 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치 및 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 딥러닝 모델의 예시적인 구조를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명의 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 명세서에 첨부된 도면에 의거한 이하의 상세한 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다. 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른

실시 예를 상세하게 설명한다.

- [0028] 본 명세서에서 개시되는 실시 예들은 본 발명의 범위를 한정하는 것으로 해석되거나 이용되지 않아야 할 것이다. 이 분야의 통상의 기술자에게 본 명세서의 실시 예를 포함한 설명은 다양한 응용을 갖는다는 것이 당연하다. 따라서, 본 발명의 상세한 설명에 기재된 임의의 실시 예들은 본 발명을 보다 잘 설명하기 위한 예시적인 것이며 본 발명의 범위가 실시 예들로 한정되는 것을 의도하지 않는다.
- [0029] 도면에 표시되고 아래에 설명되는 기능 블록들은 가능한 구현의 예들일 뿐이다. 다른 구현들에서는 상세한 설명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다른 기능 블록들이 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 하나 이상의 기능 블록이 개별 블록들로 표시되지만, 본 발명의 기능 블록들 중 하나 이상은 동일 기능을 실행하는 다양한 하드웨어 및 소프트웨어 구성들의 조합일 수 있다.
- [0030] 또한, 어떤 구성요소들을 포함한다는 표현은 "개방형"의 표현으로서 해당 구성요소들이 존재하는 것을 단순히 지칭할 뿐이며, 추가적인 구성요소들을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.
- [0031] 나아가 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급될 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 한다.
- [0032] 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명의 세부적인 실시 예들에 대해 살펴보도록 한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)가 포함하는 전체 구성을 예시적으로 도시한 도면이다.
- [0034] 그러나 이는 본 발명의 목적을 달성하기 위한 바람직한 실시 예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 구성이 추가되거나 삭제될 수 있고, 어느 한 구성이 수행하는 역할을 다른 구성이 함께 수행할 수도 있음은 물론이다.
- [0035] 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)는 프로세서(10), 네트워크 인터페이스(20), 메모리(30), 스토리지(40) 및 이들을 연결하는 데이터 버스(50)를 포함할 수 있으며, 기타 본 발명의 목적을 달성함에 있어 요구되는 부가적인 구성들을 더 포함할 수 있음은 물론이라 할 것이다.
- [0036] 프로세서(10)는 각 구성의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(10)는 CPU(Central Processing Unit), MPU(Micro Processor Unit), MCU(Micro Controller Unit) 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 널리 알려져 있는 형태의 인공지능 프로세서 중 어느 하나일 수 있다. 아울러, 프로세서(10)는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법을 수행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있는바, 이를 위해 프로세서(10)에는 소정의 구조를 나타내는 딥러닝 모델을 포함할 수 있으나, 이에 대해서는 후술하도록 한다.
- [0037] 네트워크 인터페이스(20)는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)의 유무선 인터넷 통신을 지원하며, 그 밖의 공지의 통신 방식을 지원할 수도 있다. 따라서 네트워크 인터페이스(20)는 그에 따른 통신 모듈을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0038] 메모리(30)는 각종 정보, 명령 및/또는 정보를 저장하며, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법을 수행하기 위해 스토리지(40)로부터 하나 이상의 컴퓨터 프로그램(41)을 로드할 수 있다. 도 1에서는 메모리(30)의 하나로 RAM을 도시하였으나 이와 더불어 다양한 저장 매체를 메모리(30)로 이용할 수 있음은 물론이다.
- [0039] 스토리지(40)는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램(41) 및 대용량 네트워크 정보(42)를 비임시적으로 저장할 수 있다. 이러한 스토리지(40)는 ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, 하드 디스크(HDD), 보조 저장 매체(SSD), 착탈형 디스크, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 널리 알려져 있는 임의의 형태의 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체 중 어느 하나일 수 있다.
- [0040] 컴퓨터 프로그램(41)은 메모리(30)에 로드되어, 하나 이상의 프로세서(10)에 의해, (A) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계, (B) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개

생성하는 제2 단계, (C) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계 및 (D) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계를 실행할 수 있다.

- [0041] 이상 간단하게 언급한 컴퓨터 프로그램(41)이 수행하는 오퍼레이션은 컴퓨터 프로그램(41)의 일 기능으로 볼 수 있으며, 보다 자세한 설명은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 대한 설명에서 후술하도록 한다.
- [0042] 데이터 버스(50)는 이상 설명한 프로세서(10), 네트워크 인터페이스(20), 메모리(30) 및 스토리지(40) 사이의 명령 및/또는 정보의 이동 경로가 된다.
- [0043] 이상 간단하게 설명한 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)는 독립된 디바이스의 형태, 예를 들어 전자 기기나 서버(클라우드 포함)의 형태일 수 있으며, 여기서 전자 기기는 한 장소에 고정 설치되어 사용하는 데스크톱 PC, 서버 디바이스 등과 같은 기기 뿐만 아니라, 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 PC, PDA, PMP 등과 같이 휴대가 용이한 포터블 기기 등이라도 무방한바, 프로세서(10)에 해당하는 CPU 등이 설치되고 네트워크 기능만 보유하고 있는 전자 기기라면 어떠한 것이라도 무방하다 할 것이다.
- [0044] 이하, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)가 독립된 디바이스인 전자 기기 형태 중, "서버"의 형태임을 전제로 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호와 노이즈를 분류하여 노이즈를 제거하고자 하는 사용자의 사용자 단말(미도시)에 설치된 전용 어플리케이션을 통해 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법을 제공하는 과정에 대하여 도 2 내지 도 11을 참조하여 설명하도록 한다.
- [0045] 도 2는 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호의 예시이며, 도 3은 노이즈의 예시이다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 뇌의 단면을 기준으로 붉은색 점으로 표시된 영역이 뇌의 단면 특정 영역에 집중(또는 뭉쳐져)되어 있음을 확인할 수 있는바, 이 경우 신경 신호가 해당 특정 영역에서 발생한다고 볼 수 있다.
- [0047] 그에 반하여 도 3을 참조하면, 뇌의 단면을 기준으로 붉은색 점과 파란색 점 모두가 도 2와 같이 뇌의 단면 특정 영역에 집중되어 있지 않고, 전체적으로 널리 퍼져있음을 확인할 수 있는바, 이 경우 특정 영역에서 신경 신호가 발생한다고 볼 수 없기 때문에 노이즈에 해당한다.
- [0048] 도 2 및 도 3과 같은 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 신경 신호 및 노이즈는 예시에 해당하며, 노이즈의 경우 보다 복잡한 양상을 보이는 경우도 빈번한바, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법을 통해 휴식 상태 기능성 자기공명 영상에서 모든 종류의 노이즈를 효과적으로 분류하여 제거할 수 있다.
- [0049] 도 4는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법의 대표적인 단계를 나타낸 순서도이다.
- [0050] 그러나 이는 본 발명의 목적을 달성함에 있어서 바람직한 실시 예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 단계가 추가 또는 삭제될 수 있음은 물론이고, 어느 한 단계가 다른 단계에 포함되어 수행될 수도 있다.
- [0051] 한편, 각 단계는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)를 통해 이루어지는 것을 전제로 하며, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)가 "서버"의 형태임을 전제로 하였기 때문에 사용자 단말(미도시)에 설치된 전용 어플리케이션을 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)와 동일한 의미로 볼 것이고, 설명의 편의를 위해 이들 모두를 "장치(100)"로 명명하도록 하며, 휴식 상태 기능성 자기공명 영상은 rs-fMRI로 명명하도록 한다.
- [0052] 우선, 장치(100)가 rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하며(S410), 이를 제1 단계라 한다.
- [0053] 여기서 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 포함하는

제1 데이터 세트의 추출은 rs-fMRI 데이터에 독립 성분 분석(Independent Component Analysis, ICA)을 적용하여 이루어질 수 있으며, 이를 도 5에 예시적으로 도시해 놓았다.

[0054] 도 5를 참조하면, 하나의 rs-fMRI 데이터로부터 추출한 두 개의 1D 독립 성분 시계열 데이터(중간 및 하단 좌측)와 두 개의 3D 독립 성분 공간지도 데이터(중간 및 하단 우측)가 예시적으로 도시되어 있음을 확인할 수 있는바, 이 경우 중간에 도시된 한 개의 1D 독립 성분 시계열 데이터와 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 제1 데이터 세트로 볼 수 있으며, 하단에 도시된 한 개의 1D 독립 성분 시계열 데이터와 3D 독립 성분 공간지도 데이터 역시 또 하나의 제1 데이터 세트로 볼 수 있는바, 하나의 rs-fMRI 데이터로부터 추출하는 제1 데이터 세트의 개수인 N은 2라고 할 것이다.

[0055] 제1 데이터 세트에 대하여 보다 구체적으로 설명하면, 1D 독립 성분 시계열 데이터는 rs-fMRI 데이터를 획득한 사용자의 뇌 상의 특정 영역에서 시간 변화에 따른 뇌 활동 패턴을 나타낸 1차원 데이터이며, 이에 대응되는 3D 독립 성분 공간지도 데이터는 1D 독립 성분 시계열 데이터 상에서의 뇌 활동 패턴이 발생하는 상기 뇌 상의 특정 영역을 뇌의 3D 모델에서 시각적으로 나타낸 데이터인바, 이를 도 5를 기준으로 살펴보면 중간에 도시된 중간에 도시된 한 개의 1D 독립 성분 시계열 데이터와 3D 독립 성분 공간지도 데이터가 서로 대응되는 데이터이기에 이를 하나의 제1 데이터 세트로 볼 수 있는 것이며, 하단에 도시된 한 개의 1D 독립 성분 시계열 데이터와 3D 독립 성분 공간지도 데이터 역시 서로 대응되는 데이터이기에 또 하나의 제1 데이터 세트로 볼 수 있는 것이다.

[0056] 한편, 하나의 rs-fMRI 데이터로부터 추출하는 제1 데이터 세트의 개수인 N은 도 5의 예시에서는 2이긴 하나, 이는 예시적인 것이며, 장치(100)의 사용자 또는 관리자가 자유롭게 설정 가능하다 할 것이며, 장치(100)의 연산에 부하를 제공하지 않을 정도로 가급적 N을 높게 설정하는 것이 신경 신호와 노이즈 분류의 정확도 측면에서 바람직하다 할 것이다.

[0057] N개의 제1 데이터 세트를 추출했다면, 장치(100)가 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성한다(S420).

[0058] 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에서는 하나의 rs-fMRI 데이터로부터 추출한 N개의 데이터 세트, 보다 구체적으로 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 N개의 3D 독립 성분 공간지도 데이터만을 이용하여 노이즈 분류 결과를 출력하는 것이 아니라, 노이즈 분류 결과의 정확도 향상을 위해 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지를 생성하여 함께 이용하며, 2D 스펙트럼 이미지는 1D 독립 성분 시계열 데이터의 개수와 동일한 개수인 N개를 생성한다. 이하 자세히 설명하도록 한다.

[0059] 도 6은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지를 생성하는 제2 단계를 구체화한 순서도이다.

[0060] 그러나 이는 본 발명의 목적을 달성함에 있어서 바람직한 실시 예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 단계가 추가 또는 삭제될 수 있음은 물론이고, 어느 한 단계가 다른 단계에 포함되어 수행될 수도 있다.

[0061] 우선, 장치(100)가 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각에 적용할 레이어(Layer)를 이용하여 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각에 대하여 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 수행하며(S420-1), 이를 제2-1 단계라 한다.

[0062] 웨이블릿 변환이란 시간에 따라 주파수 성분이 변하는 신호에 대하여 시간과 주파수 성분을 나타내는 변환 방법이며, 분해(Decomposition)와 재구성(Reconstruction) 두 단계로 이루어지고, 제2-1 단계는 분해에 해당한다고 볼 수 있다.

[0063] 한편, 여기서 레이어는 연속 웨이블릿(Wavelet) 기반 컨벌루션 커널(kernel)을 복수 개 포함할 수 있으며, 복수 개의 연속 웨이블릿 기반 컨벌루션 커널은 웨이블릿 함수로부터 파생된 것일 수 있고, 각각의 커널은 학습 가능한 스케일 매개변수가 존재한다.

[0064] 이후, 장치(100)가 웨이블릿 변환의 수행 결과인 N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각의 웨이블릿 계수를 2D 매트릭스 형식으로 배열하고 시각화하여 N개의 2D 스펙트럼 이미지를 생성하며(S420-2), 이를 제2-2 단계라 한다.

- [0065] 이와 같은 제2-2 단계는 웨이블릿 변환에서 재구성 단계에 해당한다고 볼 수 있다.
- [0066] 도 7은 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 생성하는 과정을 예시적으로 도시한 도면인바, 제2-1 단계에 따라 1D 독립 성분 시계열 데이터가 바로 우측에 있는 복수 개의 연속 웨이블릿 기반 컨벌루션 커널을 통과하여 주파수 성분에 따라 분해되며, 분해된 데이터가 제2-2 단계에 따라 재구성되어 시각화됨을 확인할 수 있다.
- [0067] 여기서 시각화는 도 7을 기준으로 두 과정을 모두 포함할 수 있는바, 도 7의 중간에서 바로 우측에 해당하는 과정 또는 이미지가 그 중 하나이며, 아래에 높은 해상도의 데이터는 특정 수치 또는 범위의 고주파수에 관한 데이터이고, 위에 낮은 해상도의 데이터는 특정 수치 또는 범위의 저주파수에 관한 데이터에 해당한다. 아울러, 그 사이의 주파수 수치 또는 범위에 대해서는 해상도를 달리하여 연속된 이미지가 생략된 것으로 볼 수 있을 것이다.
- [0068] 한편, 이들을 쌓는 과정 역시 시각화에 포함되는바, 도 7에서 스택이라고 기재된 과정 또는 그 우측의 이미지가 그것이며, 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 생성된 하나의 2D 스펙트럼 이미지를 최종적으로 출력하는 과정으로 볼 수 있을 것이다.
- [0069] 도 7의 가장 우측 이미지는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 최종적으로 생성된 2D 스펙트럼 이미지인바, 주파수 성분에 따라 분해되어 시각화된 이미지가 쌓여진 이미지이기에 바로 좌측 이미지의 주파수 성분에 관한 정보가 해상도의 차이를 두어 표시되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0070] 한편 설명의 편의를 위해 도 7을 기준으로 분해와 재구성의 개념을 이용해 설명을 하였으나, 2D 스펙트럼 이미지 생성에는 컨벌루션 연산이 필수적이며, 도 7에서 원 안에 X 표시된 연산은 컨벌루션 연산이라 할 것이다.
- [0071] 다시 도 4에 대한 설명으로 돌아가도록 한다.
- [0072] 2D 스펙트럼 이미지를 N개 생성했다면, 장치(100)가 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하며(S430), 이를 제3 단계라 한다.
- [0073] 앞서 제1 단계에 대한 설명에서 하나의 제1 데이터 세트가 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 3D 독립 성분 공간지도 데이터라고 했으며, 제2 단계에 대한 설명에서 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 생성한다고 했으나, 제2 단계까지 수행되면 1D 독립 성분 시계열 데이터, 이에 대응되는 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터가 준비될 수 있으며, 이를 제1 데이터 세트와 구별하여 제2 데이터 세트라 한다. 즉, 제1 데이터 세트와 제2 데이터 세트의 차이점은 2D 스펙트럼 이미지 데이터의 포함 여부이다.
- [0074] 장치(100)는 하나의 rs-fMRI 데이터로부터 생성한 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류함에 있어서 딥러닝 기술을 적용하는바, 이하 자세히 설명하도록 한다.
- [0075] 도 8은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계를 구체화한 순서도이다.
- [0076] 그러나 이는 본 발명의 목적을 달성함에 있어서 바람직한 실시 예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 단계가 추가 또는 삭제될 수 있음은 물론이고, 어느 한 단계가 다른 단계에 포함되어 수행될 수도 있다.
- [0077] 우선, 장치(100)가 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징(Feature)을 추출하며(S430-1), 이를 제3-1 단계라 하고, N개의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각에 대하여 추출한 특징을 기반으로 각각의 데이터에 대한 노이즈 해당 여부를 분류하며(S430-2), 이를 제3-2 단계라 하고, 각각의 데이터에 대한 노이즈 해당 여부 결정 결과에 소프트맥스(Softmax) 및 소프트 보팅(Soft Voting)을 적용하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 최종적으로 분류하며(S430-3), 이를 제3-3 단계라 한다.
- [0078] 이상과 같은 제3-1 단계 내지 제3-3 단계에 대한 설명은 딥러닝 모델 기반 분류 기술에 있어서 입력 데이터가 복수 개일 경우에 수행될 수 있는 어느 정도 보편적인 단계로 볼 수 있으며, 이는 후술하겠지만 장치(100)가 컨벌루션 뉴럴 네트워크(합성곱 신경망, CNN, Convolution Neural Network) 기반의 네트워크 구조를 기본 구조

로 보유하고 있기 때문이다.

- [0079] 그러나 본 발명은 여기서 더 나아가, 학습 성능의 향상 보다 넓게는 노이즈 분류 성능의 향상을 위해 세 종류의 데이터인 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터의 융합과 관련된 기술적 특징을 더 포함하는바, 이는 제3-1 단계에 관한 것이며, 이하 설명하도록 한다.
- [0080] 도 9는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징을 추출하는 제3-1 단계를 구체화한 순서도이다.
- [0081] 그러나 이는 본 발명의 목적을 달성함에 있어서 바람직한 실시 예일 뿐이며, 필요에 따라 일부 단계가 추가 또는 삭제될 수 있음은 물론이고, 어느 한 단계가 다른 단계에 포함되어 수행될 수도 있다.
- [0082] 우선 장치(100)가 N개의 제2 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 각각으로부터 특징을 추출하며(S430-1-1), 이를 제3-1-1 단계라 한다.
- [0083] 이후, 장치(100)가 추출한 특징에 맥스(Max Pooling) 풀링 및 평균 풀링(Average Pooling)을 적용하여 서로 상이한 두 가지 버전의 특징자(Descriptor)로 인코딩하며(S430-1-2), 이를 제3-1-2 단계라 한다.
- [0084] 제3-1-1 단계에서 입력 데이터가 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터 3개이므로, 추출한 특징 역시 3개이며, 제3-1-2 단계에서 이들 3개의 특징 각각에 대하여 맥스 풀링과 평균 풀링인 두 가지 버전의 특징자로 인코딩하기에 1개의 제2 데이터 세트에 대하여 6개의 인코딩된 데이터(맥스 풀링 3개, 평균 풀링 3개)를 획득할 수 있다.
- [0085] 이후, 장치(100)가 인코딩한 두 가지 버전의 특징자 별로 결합(Concat)을 수행하며(S430-1-3), 이를 제3-1-3 단계라 하고, 맥스 풀링 버전의 특징자끼리 3개씩, 평균 풀링 버전의 특징자끼리 3개씩 결합할 수 있다.
- [0086] 결합까지 수행했다면, 장치(100)가 결합을 수행한 두 가지 버전의 특징자를 하나 이상의 다중 퍼셉트론(Multi Layer Perceptron, MLP) 레이어를 통과시켜 정보(특징에 대한 정보, 또는 특징)를 융합한 후 합산하며, 시그모이드(Sigmoid) 게이트를 통과시켜 추출한 특징이 융합된 어텐션 맵을 N개 생성하며(S430-1-4), 이를 제3-1-4 단계라 한다.
- [0087] 여기서 다중 퍼셉트론 레이어는 두 개 이상일 수 있으며, 첫 번째를 통과하며 정보를 융합하고, 두 번째를 통과하며 디코딩이 이루어질 수 있다.
- [0088] 마지막으로 장치(100)가 하며(S430-1-5), 이를 제3-1-5 단계라 한다.
- [0089] 이상 설명한 제3-1-1 단계 내지 제3-1-5 단계를 쉽게 설명하면, 3개의 데이터 각각으로부터 추출한 특징을 두 가지 버전으로 만들고, 이를 융합하여 서로 정보 교환을 이루게 한 상태의 어텐션 맵을 생성해 처음 추출한 특징을 역으로 보정하게 하여 노이즈 여부의 분류에 활용하는 것인바, 서로 대응되는 다양한 데이터의 정보가 서로 교환된 상태에서 보정된 특징을 이용하기에 딥러닝 모델의 성능, 더 나아가 노이즈 분류 성능이 향상될 수 있는 것이다.
- [0090] 한편, 이상 설명한 제3-1-1 단계 내지 제3-1-5 단계는 한 번만 수행되는 것이 아니라 복수 회수행될 수도 있는바, 제3-1-5 단계 이후에 제3-1-2 단계로 회귀할 수도 있으며, 이 경우 제3-1-2 단계에서의 특징은 제3-1-5 단계에서 재추출한 특징으로 대체될 수 있을 것이다.
- [0091] 또한, 제3-1-1 단계 내지 제3-1-5 단계에 대한 설명에 있어서 하나의 제2 데이터 세트를 기준으로 설명을 하였으나, 이는 설명의 편의를 위한 것이며, N개의 제2 데이터 세트에 대하여 이상의 설명이 모두 동일하게 적용되어 단계가 진행될 수 있음은 물론이라 할 것이다.
- [0092] 이상 설명한 제3-1-1 단계 내지 제3-1-5 단계를 포함하는 제3-1 단계, 제3-1 단계 내지 제3-3 단계를 포함하는 제3 단계 그리고 제1 단계 내지 제3 단계를 학습 데이터에 해당하는 rs-fMRI 데이터를 이용하여 지속적으로 학습한다면, 학습이 완료된 이후 장치(100)가 rs-fMRI 데이터만 입력 받는 경우에 이로부터 노이즈를 자동으로 분류하여 그 결과를 출력할 수 있을 것이다.
- [0093] 다시 도 4에 대한 설명으로 돌아가도록 한다.
- [0094] 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부까지 분류하였다면, 마지막으로 장치(100)가 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하며(S440), 이를 제4 단계라 한다.

- [0095] 각각의 제2 데이터 세트의 노이즈 분류 결과를 획득하였으므로 이를 삭제하는 것은 용이한 작업이며, 최초 rs-fMRI 데이터로부터 추출한 제1 데이터 세트가 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 포함하기에 노이즈에 해당하는 제2 데이터 세트가 아니라 제1 데이터 세트만을 삭제하고, 삭제하지 않은 유효한 제1 데이터 세트만을 병합하거나 독립 성분 분석을 역으로 적용하여 노이즈가 제거된 rs-fMRI 영상을 획득할 수 있을 것이다.
- [0096] 한편, 장치(100)의 학습과 관련하여 앞서서는 제1 단계 내지 제3 단계를 언급하였지만, 노이즈 분류 결과에 따라 노이즈를 삭제하는 제4 단계까지 함께 학습할 수도 있음은 물론이라 할 것이다.
- [0097] 지금까지 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 대하여 설명하였다. 본 발명에 따르면, 딥러닝 모델이 rs-fMRI 데이터로부터 신경 신호와 노이즈를 자동으로 분류하고, 분류한 노이즈를 제거까지할 수 있는바, 복잡한 노이즈라 할지라도 연구자 또는 전문가의 판단이 필요하지 않게 되기에 시간 및 비용의 측면에서 현저하게 경제적인 수 있다. 또한, 딥러닝 모델이 노이즈를 분류하기에 사람이 육안으로 판별하기 어렵거나 알수없는 유형의 노이즈까지 분류할 수 있다. 아울러, 하나의 데이터만을 이용하는 것이 아니라 rs-fMRI 데이터로부터 추출한 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 3D 독립 성분 공간지도 데이터 그리고 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 생성한 2D 스펙트럼 이미지 데이터까지 분류에 활용하기에 노이즈 분류 성능이 향상될 수 있다. 더 나아가, 노이즈 여부를 분류하기 위한 복수 개의 데이터 상호간에 정보(또는 특징)를 융합하여 어텐션 맵을 생성하고, 이를 기초로 각각의 데이터로부터 추출한 특징을 보정하는바, 딥러닝 모델의 성능, 더 나아가 노이즈 분류 성능까지 향상될 수 있다.
- [0098] 도 10은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 따른 성능 평가 테이블인바, BCP, WHII-MB6 및 WHII-STD 세 개의 데이터셋에 대하여 성능 평가 지표인 ACC, SEN, SPEC, F1 및 G-Mean 모두에 대하여 머신 러닝 기술을 활용하는 종래 기술 대비 딥러닝 기술을 활용하는 본 발명의 성능 평가 결과가 현저하게 향상된 것을 확인할 수 있다.
- [0099] 도 11은 앞서 설명을 보류한 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100) 및 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 딥러닝 모델의 예시적인 구조를 도시한 도면이다.
- [0100] 도 11을 참조하면 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100) 및 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 있어서 딥러닝 모델은 2D 스펙트럼 이미지 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 1D 독립 성분 시계열 데이터 각각을 입력 데이터로 각각 수신하는 스트림이 다섯 개의 블록을 기본 구조로 포함하고 있다. 각각의 스트림은 컨벌루션 뉴럴 네트워크 기반 특징 추출 스트림을 백본 네트워크로 구성하고 있으며, 각각의 모듈에서 높은 수준의 심층 주의 특징을 추출할 수 있고, ReLU와 리지듀얼 커넥션(Residual Connection)을 사용한 네 개의 컨볼루션 블록과 다중 레이어 퍼셉트론 블록으로 구성될 수 있는바, 이러한 스트림 내에서 앞서 설명한 제3 단계가 수행되는 것으로 볼 수 있다.
- [0101] 한편, 각각의 스트림의 하나 이상의 블록에는 D-MTM 모듈을 도입하여 모델은 2D 스펙트럼 이미지 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 1D 독립 성분 시계열 데이터 사이의 정보를 융합하고자 했던바, D-MTM 모듈 내에서 앞서 설명한 제3-1-1 단계 내지 제3-1-5 단계가 수행되는 것으로 볼 수 있으며, D-MTM 모듈은 풀링 레이어와 MLP 레이어를 쌓아서 구성할 수 있다.
- [0102] 마지막으로, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치(100)와 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현할 수도 있는바, 이 경우 컴퓨팅 장치와 결합하여 (AA) rs-fMRI 데이터로부터 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터 및 이에 대응되는 하나의 3D 독립 성분 공간지도 데이터를 하나의 데이터 세트(set)로 하는 N(N은 양의 정수)개의 제1 데이터 세트를 추출하는 제1 단계, (BB) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 각각이 포함하는 1D 독립 성분 시계열 데이터로부터 이에 대응되는 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 N개 생성하는 제2 단계, (CC) 상기 추출한 N개의 제1 데이터 세트 및 상기 생성한 N개의 2D 스펙트럼 이미지에 대하여 서로 대응되는 하나의 1D 독립 성분 시계열 데이터, 3D 독립 성분 공간지도 데이터 및 2D 스펙트럼 이미지 데이터를 제2 데이터 세트로 하여 N개의 제2 데이터 세트 각각이 노이즈인지 여부를 분류하는 제3 단계 및 (DD) 상기 제3 단계에서 분류 결과가 노이즈인 제2 데이터 세트 또는 이에 포함되는 제1 데이터 세트를 삭제하는 제4 단계를 실행할 수 있을 것이며, 중복 서술을 위해 자세히 기재하지는 않았지만 본 발명의 제1 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치

(100) 및 본 발명의 제2 실시 예에 따른 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 방법에 적용된 모든 기술적 특징은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 모두 동일하게 적용될 수 있음은 물론이라 할 것이다.

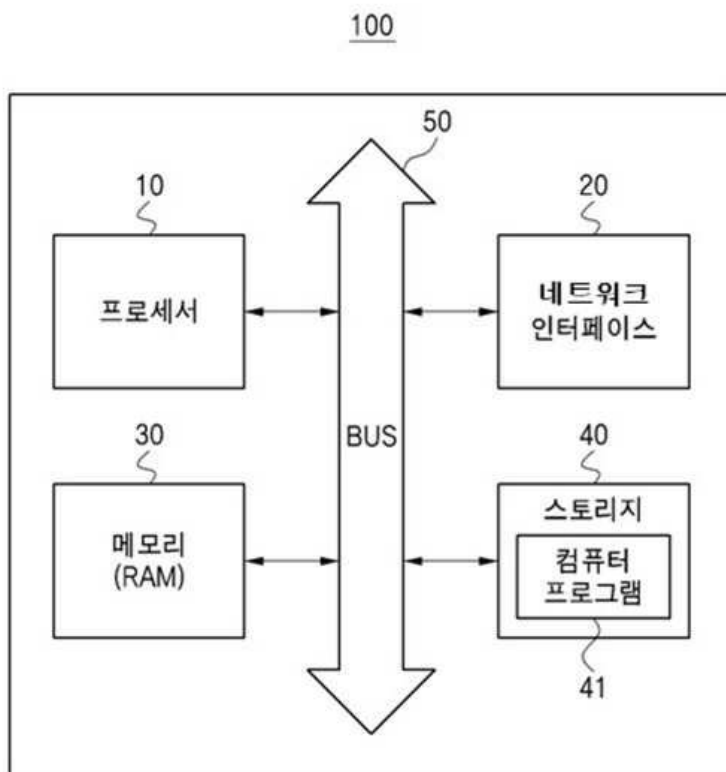
[0103] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

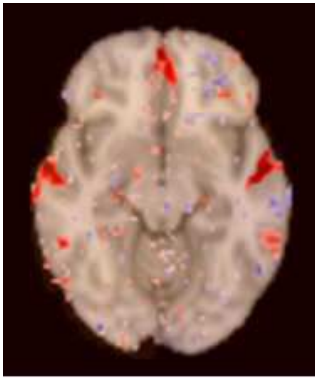
- [0104]
- 10: 프로세서
 - 20: 네트워크 인터페이스
 - 30: 메모리
 - 40: 스토리지
 - 41: 컴퓨터 프로그램
 - 50: 정보 버스
 - 100: 휴식 상태 기능성 자기공명 영상의 노이즈를 제거하는 장치

도면

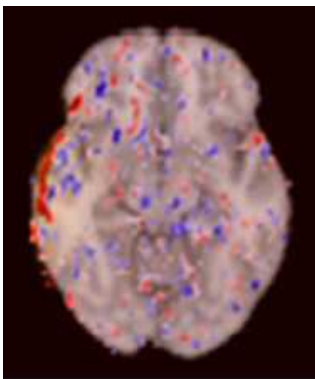
도면1



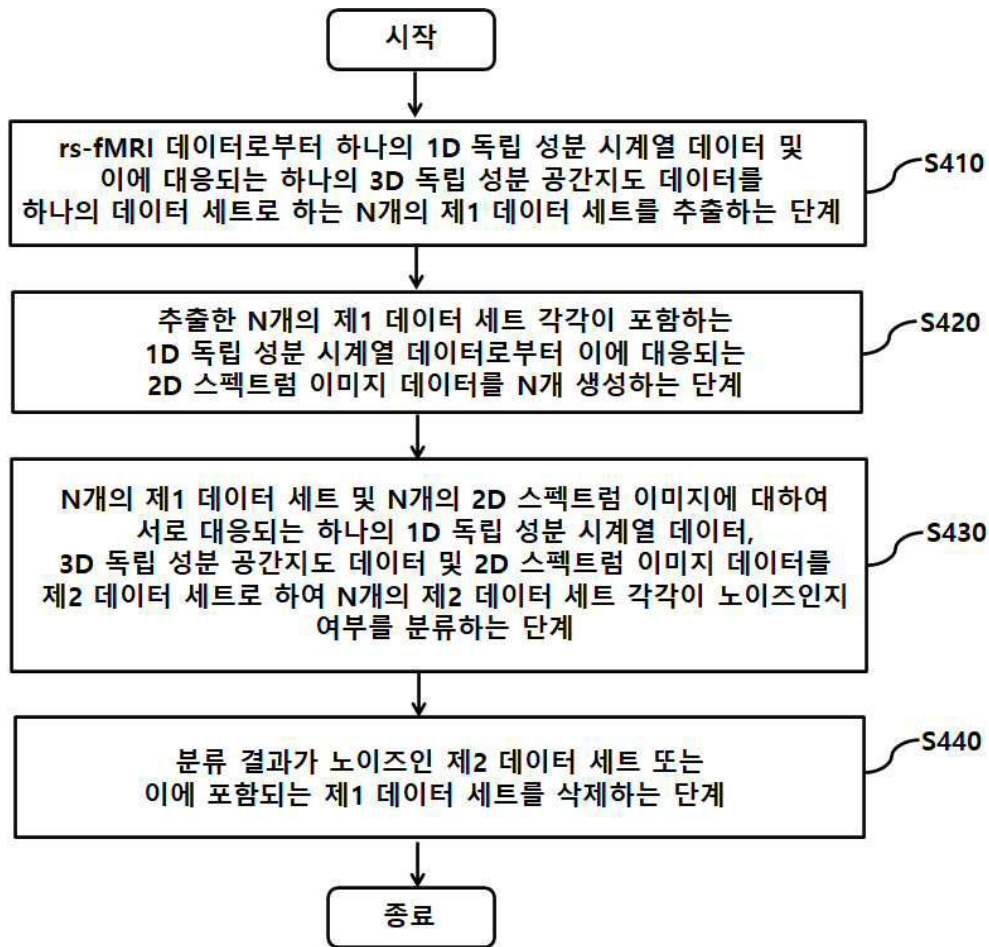
도면2



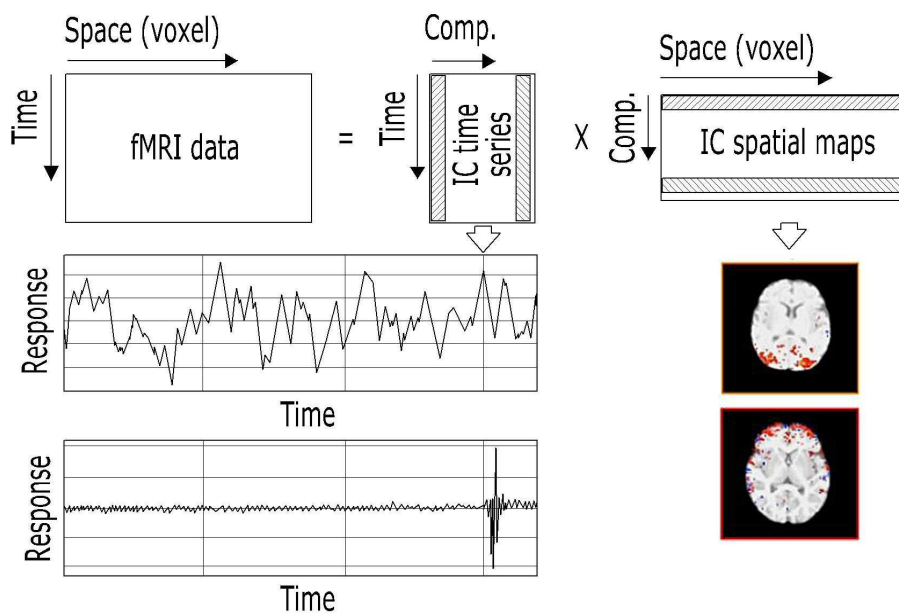
도면3



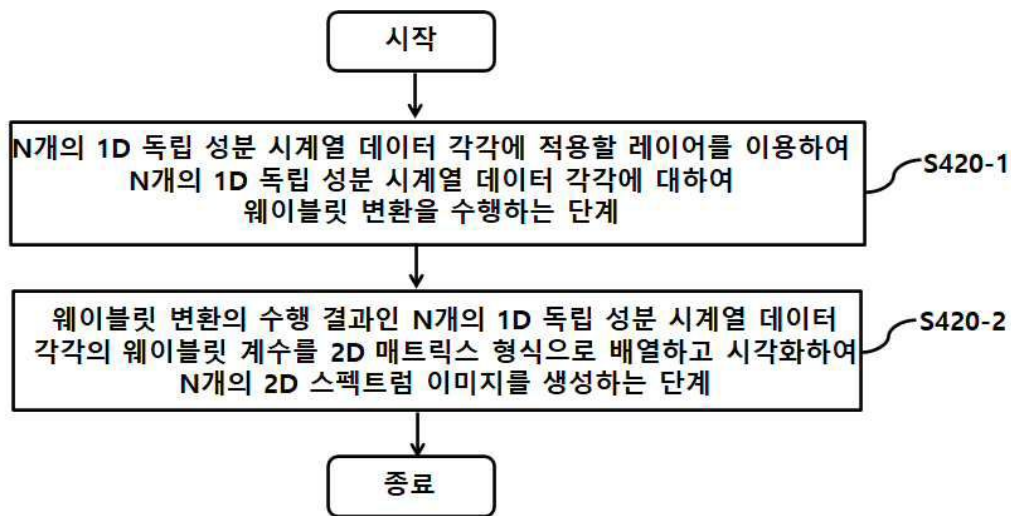
도면4



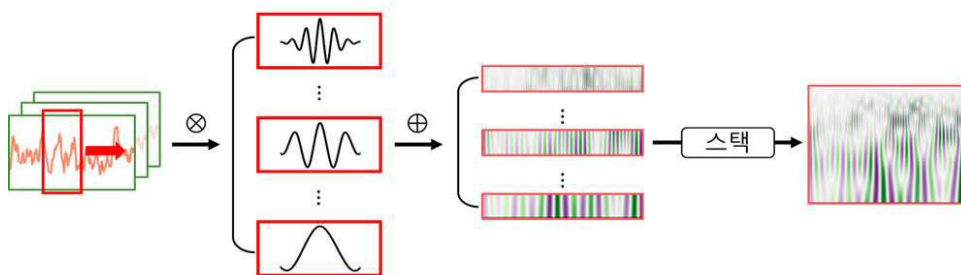
도면5



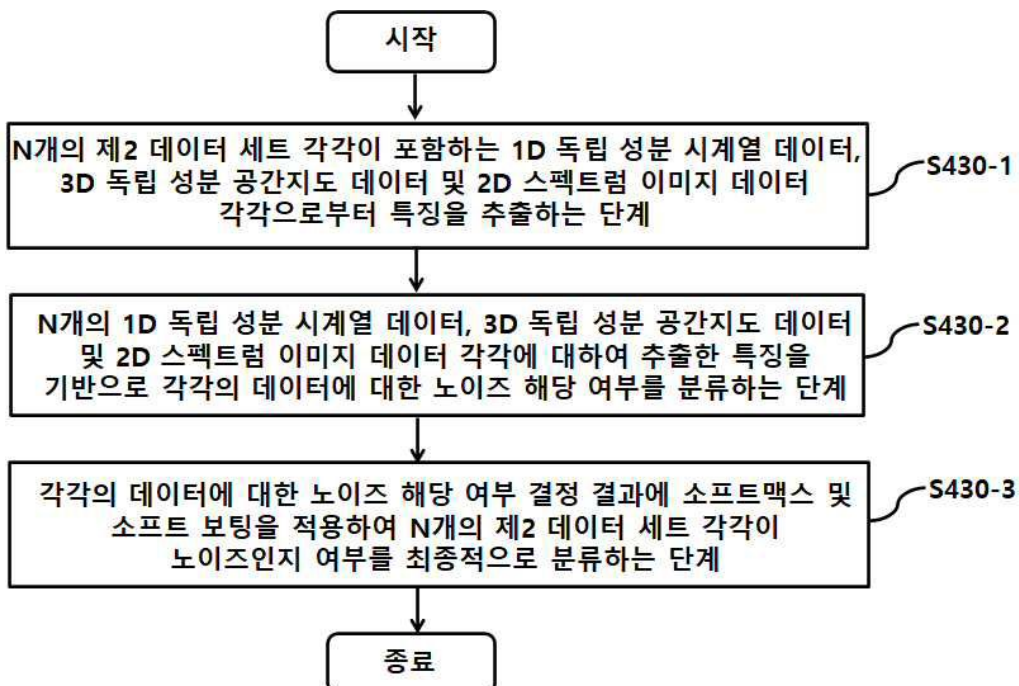
도면6



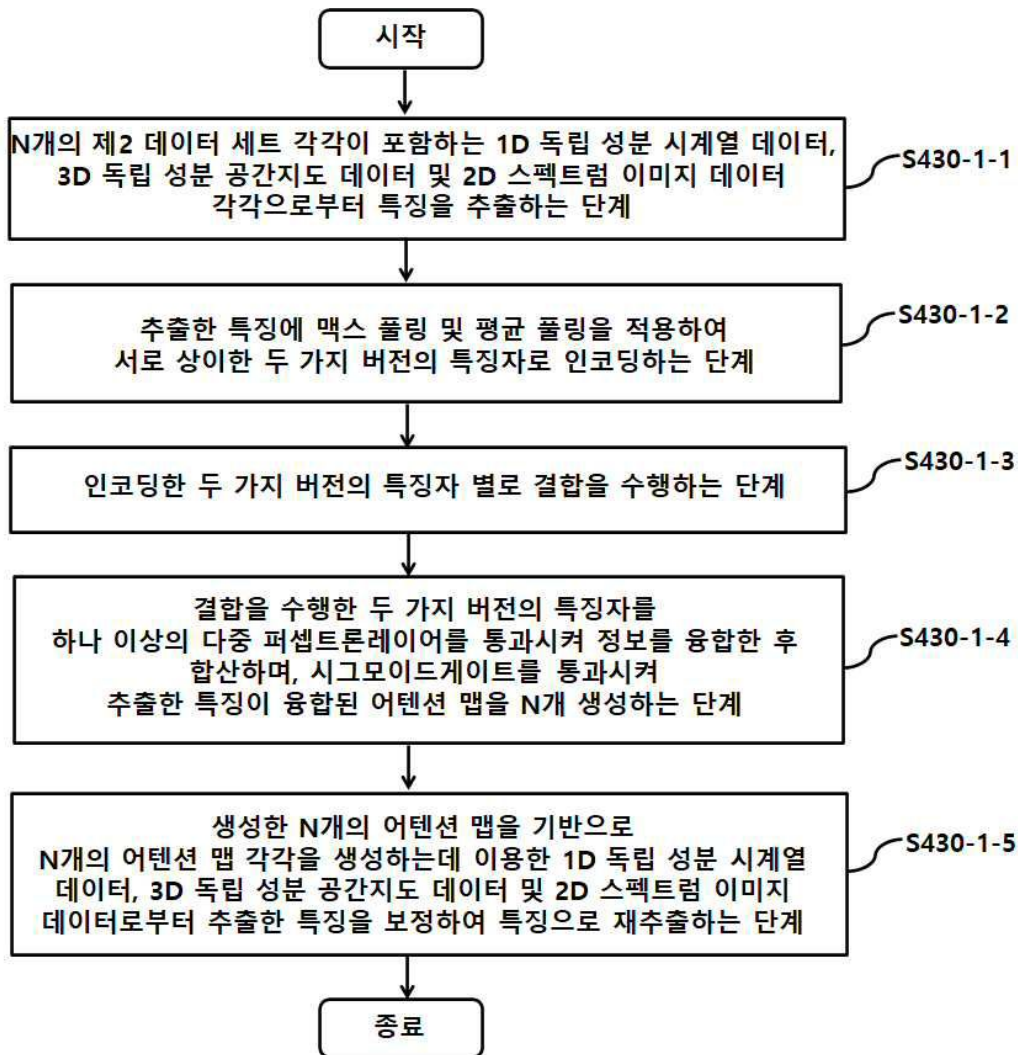
도면7



도면8



도면9



도면10

Dataset Method	BCP				
Model	ACC	SEN	SPEC	F1	G-Mean
종래 기술	96.93 ±3.17	92.10 ±13.25*	98.15 ±2.01	91.89 ±11.97*	94.41 ±11.19*
본 발명	97.40 ±1.58	94.02 ±8.50	98.18 ±1.65	93.58 ±5.63	95.95 ±4.59
Dataset Method	WHII-MB6				
Model	ACC	SEN	SPEC	F1	G-Mean
종래 기술	98.56 ±1.26*	93.54 ±6.96*	99.33 ±0.91*	94.30 ±7.51*	96.33 ±3.78*
본 발명	99.31 ±0.89	97.38 ±3.89	99.71 ±0.69	97.85 ±2.82	98.52 ±2.03
Dataset Method	WHII-STD				
Model	ACC	SEN	SPEC	F1	G-Mean
종래 기술	97.84 ±2.17*	92.41 ±14.60	98.77 ±1.62*	91.15 ±13.19*	94.94 ±10.59
본 발명	98.59 ±1.74	93.41 ±9.55	99.59 ±0.90	95.14 ±6.06	96.31 ±5.18

도면11

