

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0059129

(43) 공개일자 2020년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/08 (2006.01) G06F 3/01 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2013.01)
G06F 3/015 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0085354
(22) 출원일자 2019년07월15일
심사청구일자 2019년07월15일
(30) 우선권주장
1020180143330 2018년11월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이성환
서울특별시 강남구 언주로30길 13, B동 2506호 (도곡동, 대림아크로빌)
방지선
서울특별시 성북구 고려대로11길 4, 202호 (안암동2가)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

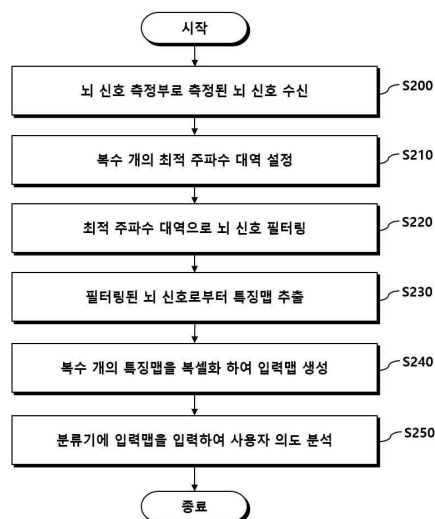
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 딥러닝 기반의 뇌-컴퓨터 인터페이스를 위한 공간-주파수 특징맵을 생성하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치에 있어서, 공간-주파수 특징맵을 생성하는 프로그램이 저장된 메모리; 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하고, 프로세서는 프로그램의 수행에 따라, 뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 사용자의 동작상상 뇌 신호를 수신하고, 수신한 뇌 신호로부터 사용자별 최적화된 주파수 대역을 설정하고, 설정된 최적 주파수 대역을 통해 뇌 신호를 필터링하고, 필터링된 뇌 신호로부터 2차원 특징맵을 추출하고, 추출된 2차원 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성하는, 공간-주파수 특징맵 생성 장치를 제공하고자 한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711081000
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
 연구사업명 인공지능
 연구과제명 의사결정 이유를 설명할 수 있는 인간 수준의 학습·추론 프레임워크 개발
 기여율 1/2
 주관기관 울산과학기술원
 연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711080898
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
 연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D, 정보화)
 연구과제명 딥러닝을 이용하여 사람의 의도를 인지하는 BCI 기반 뇌인지컴퓨팅 기술 개발
 기여율 1/2
 주관기관 고려대학교산학협력단
 연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

공간-주파수 특징맵 생성 장치에 의하여 공간-주파수 특징맵을 생성하는 방법으로서,
 (a) 뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 사용자의 동작상상 뇌 신호를 수신하는 단계;
 (b) 상기 수신한 뇌 신호로부터 사용자별 최적화된 주파수 대역을 설정하는 단계;
 (c) 상기 설정된 최적 주파수 대역을 통해 상기 뇌 신호를 필터링하는 단계;
 (d) 상기 필터링된 뇌 신호로부터 2차원 특징맵을 추출하는 단계; 및
 (e) 상기 추출된 2차원 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성하는 단계를 포함하는,
 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

(b) 단계는,

상기 수신한 뇌 신호로부터 복수 개의 최초 주파수 대역을 설정하는 단계;

상기 복수 개의 최초 주파수 대역을 복수 개의 변수 사이의 상호 의존성에 관한 상호 의존 정보(mutual information)가 높은 순서에 따라 정렬하는 단계; 및

상기 정렬된 최초 주파수 대역 중 상위 N개의 주파수 대역을 최적 주파수 대역으로 설정하는 단계를 포함하는,
 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수 개의 변수는 특징 벡터와 레이블을 포함하고,

상기 특징 벡터는 복수 개의 최초 주파수 대역으로 필터링된 뇌 신호로부터 추출되는 것이고, 상기 레이블은 사용자의 동작상상에 의한 신체 부위에 관한 것인, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 특징 벡터는 하기 [수학식 1]에 의해 추출되는 것인, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

[수학식 1]

$$\mathbf{F} = \log(\text{var}(\mathbf{W}^T \mathbf{Z}))$$

F: 특징 벡터

W: 공통공간패턴(CSP: Common Spatial Pattern) 알고리즘

Z: 최초 주파수 대역으로 필터링된 뇌 신호

T: 전치행렬 표시

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 상호 의존 정보는 하기 [수학식 2]에 의해 산출되는 것인, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

[수학식 2]

$$I(\mathbf{F}_i, \mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}) - H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i)$$

$$H(\mathbf{Y}) = -\sum_{y=1}^C p(\mathbf{y}) \log_c p(\mathbf{y})$$

$$H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i) = -\sum_{y=1}^C p(\mathbf{y}|\mathbf{F}_i) \log_c p(\mathbf{y}|\mathbf{F}_i)$$

$I(\mathbf{F}_i, \mathbf{Y})$: 상호 의존 정보

$\mathbf{F}_i$: i번째 최초 주파수 대역으로 필터링한 뇌신호로부터 추출된 특징 벡터

$\mathbf{Y}$: 레이블

$H(\mathbf{Y})$: 엔트로피

$H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i)$: 조건부 엔트로피

C: 사용자의 동작상상 신체 부위의 개수

청구항 6

제1항에 있어서,

(d) 단계는, 하기 [수학식 3]에 의하여 상기 2차원 특징맵을 추출하는, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

[수학식 3]

$$\mathbf{M} = \frac{1}{t} \mathbf{Z} \mathbf{Z}^T$$

$\mathbf{M}$: 특징맵

Z: 필터링된 뇌 신호

E: 뇌 신호 측정 채널 개수

t: 뇌 신호 측정 시간

T: 전치행렬 표시

청구항 7

제1항에 있어서,

(f) 분류기에 의하여 상기 입력맵을 학습하고 분류 결과를 출력하는 단계를 더 포함하는, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 분류기는 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Network) 분류기인, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

청구항 9

공간-주파수 특징맵 생성 장치에 있어서,

공간-주파수 특징맵을 생성하는 프로그램이 저장된 메모리;

상기 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는 상기 프로그램의 수행에 따라,

뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 사용자의 동작상상 뇌 신호를 수신하고, 상기 수신한 뇌 신호로부터 사용자별 최적화된 주파수 대역을 설정하고, 상기 설정된 최적 주파수 대역을 통해 상기 뇌 신호를 필터링하고, 상기 필터링된 뇌 신호로부터 2차원 특징맵을 추출하고, 상기 추출된 2차원 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성하는, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 최적 주파수 대역을 설정하기 위하여, 상기 수신한 뇌 신호로부터 복수 개의 최초 주파수 대역을 설정하고, 상기 복수 개의 최초 주파수 대역을 복수 개의 변수 사이의 상호 의존성에 관한 상호 의존 정보(mutual information)가 높은 순서에 따라 정렬하고, 상기 정렬된 최초 주파수 대역 중 상위 N개의 주파수 대역을 최적 주파수 대역으로 설정하는, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 복수 개의 변수는 특징 벡터와 레이블을 포함하고,

상기 특징 벡터는 복수 개의 최초 주파수 대역으로 필터링된 뇌 신호로부터 추출되는 것이고, 상기 레이블은 사용자의 동작상상에 의한 신체 부위에 관한 것인, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 특징 벡터는 하기 [수학식 4]에 의해 추출되는 것인, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

[수학식 4]

$$\mathbf{F} = \log(\text{var}(\mathbf{W}^T \mathbf{Z}))$$

F: 특징 벡터

W: 공통공간패턴(CSP: Common Spatial Pattern) 알고리즘

Z: 최초 주파수 대역으로 필터링된 뇌 신호

T: 전치행렬 표시

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 상호 의존 정보는 하기 [수학식 5]에 의해 산출되는 것인, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

[수학식 5]

$$I(\mathbf{F}_i, \mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}) - H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i)$$

$$H(\mathbf{Y}) = -\sum_{y=1}^C p(y) \log_c p(y)$$

$$H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i) = -\sum_{y=1}^C p(y|\mathbf{F}_i) \log_c p(y|\mathbf{F}_i)$$

$I(\mathbf{F}_i, \mathbf{Y})$: 상호 의존 정보

$\mathbf{F}_i$: i번째 최초 주파수 대역으로 필터링한 뇌신호로부터 추출된 특징 벡터

Y: 레이블

$H(Y)$: 엔트로피

$H(Y|\mathbf{F}_i)$: 조건부 엔트로피

C: 사용자의 동작상상 신체 부위의 개수

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 2차원 특징맵을 추출하기 위하여, 하기 [수학식 6]에 의하여 상기 2차원 특징맵을 추출하는, 공간-주파수 특징맵 생성 방법.

[수학식 6]

$$\mathbf{M} = \frac{1}{t} \mathbf{Z} \mathbf{Z}^T$$

M: 특징맵

Z: 필터링된 뇌 신호

E: 뇌 신호 측정 채널 개수

t: 뇌 신호 측정 시간

T: 전치행렬 표시

청구항 15

제 9항에 있어서,

분류기에 의하여 상기 입력맵을 학습하고 분류 결과를 출력하는 단계를 더 포함하는, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 분류기는 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Network) 분류기인, 공간-주파수 특징맵 생성 장치.

청구항 17

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 딥러닝 기반의 뇌-컴퓨터 인터페이스를 위한 공간-주파수 특징맵을 생성하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 구체적으로 사용자의 움직임 의도에 따른 뇌 신호를 분류하여 고성능 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술을 구현하기 위한 공간-주파수 특징맵을 생성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI)는 사용자의 뇌 신호를 분석하여 다양한 기기를 제어할 수 있는 방법을 제공하는 인터페이스 기술이다.

[0003] 뇌-컴퓨터 인터페이스는 인간의 생각을 통하여 의도적으로 발현시킬 수 있는 특정 패턴의 뇌 신호를 분석하여 기기를 제어하기 위한 것으로서, 사용자를 위한 편의 기능 제공이나 루게릭병, 척수손상과 같은 중증장애를 가진 사람들의 생활보조 기술 개발을 위한 도구로 활용할 수 있다.

[0004] 특히, 사용자의 의도에 따라 다양한 기기를 제어하기 위해서는 외부의 자극 없이 자발적인 뇌 신호를 생성하는 것이 중요하다. 이러한 자발적인 뇌 신호는 예를 들어 복잡한 숫자 계산, 무작위의 단어 상상 및 지도 상상 등이 있다.

[0005] 한편, 명령어에 대응하는 자발적인 뇌 신호 생성을 통해 드론이나 로봇팔 등을 제어할 수 있는 BCI 기술들이 존재한다. 최근에는 특정 신체 부위를 움직일 때의 느낌을 상상하는 동작 상상(Motor Imagery, MI), 시각자극에 의해 유발되는 뇌 신호를 이용하는 ERP(Event-related potential), SSVEP (Stead-state evoked potential)와 같은 방법 기반의 BCI 기술이 대표적으로 사용되고 있다.

[0006] 동작 상상(Motor Imagery, MI)의 경우, 사람이 특정 움직임을 상상할 때 이를 관장하는 뇌 영역에서 Event-Related Synchronization/Desynchronization (ERD/ERS) 신호가 발생하며, 해당 성분을 검출하는 것이 가능하다. 예를 들어, 왼손을 움직이는 동작상상을 수행할 경우 뇌의 우반구 영역에서 ERD/ERS가, 오른손을 움직이는 동작상상을 수행할 경우 뇌의 좌반구 영역에서 해당 신호가 관측된다.

[0007] 동작 상상 기반의 BCI는 ERD/ERS 성분의 분석을 통해 사용자의 의도(사용자가 상상하고 있는 동작상상의 신체 부위)를 인식하고 그에 대응하는 명령어를 수행하는 형태로 동작한다. 뇌 신호는 같은 동작을 수행하는 경우에도 사람에 따라 다르게 나타날 수 있다. 따라서 뇌-컴퓨터 인터페이스의 성능을 높이기 위해서는 사용자에게 최적화된 주파수 영역으로부터 획득한 뇌신호를 통해 특징벡터를 구성하여 인식 성능을 높이고 결과를 분석하는 것이 매우 중요하다.

[0008] 최근에는 딥러닝 기술이라고 불리는 비선형 분류 방법이 이미지 분류, 음성인식 등 여러 분야에서 높은 성능을 보이고 있다. 하지만 이미지 및 음성과 달리 다차원의 정보를 포함하는 뇌 신호를 다루는 연구의 경우에는 비선형 분류기가 뇌 신호의 적합한 특징을 학습하게 하기 위해 적절한 특징맵을 생성한 후 분류를 진행시키도록 할 필요가 있다. 기존 기술에서는 이러한 고려가 충분히 이루어지지 않아, 뇌신호로부터 딥 네트워크에 입력되는 입력맵을 생성하는 과정에서 중요한 정보들이 변형되기 때문에, 비선형 분류기를 이용함에도 불구하고 기존 선형 분류기와 비슷한 정도의 낮은 성능을 보였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1293446호(발명의 명칭: 움직임을 상상하는 뇌파 분류 방법 및 그 장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명에서는 높은 성능의 동작상상 기반 뇌 신호 분류를 위해, 딥러닝 시스템을 적용하고, 이를 위해 사용자에게 최적화된 복수 개의 특징맵을 이용하여 입력맵을 생성하고, 이를 기초로 한 정확도 높은 뇌-신호 분류를 수행하고자 한다.

[0011] 본 발명은 다중 주파수 영역에 대응되는 2차원의 특징맵을 3차원으로 복셀화시켜 더 많은 정보를 포함하는 입력맵을 생성함으로써, 딥러닝 모델을 통해 높은 성능을 보장하는 사용자의 의도인식에 의해 발현되는 뇌신호 기반의 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치에 있어서, 공간-주파수 특징맵을 생성하는 프로그램이 저장된 메모리; 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하고, 프로세서는 프로그램의 수행에 따라, 뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 사용자의 동작상상 뇌 신호를 수신하고, 수신한 뇌 신호로부터 사용자별 최적화된 주파수 대역을 설정하고, 설정된 최적 주파수 대역을 통해 뇌 신호를 필터링하고, 필터링된 뇌 신호로부터 2차원 특징맵을 추출하고, 추출된 2차원 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성하는, 공간-주파수 특징맵 생성 장치를 제공하고자 한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치에 의하여 공간-주파수 특징맵을 생성하는 방법으로서, (a) 뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 사용자의 동작상상 뇌 신호를 수신하는 단계; (b) 수신된 뇌 신호로부터 사용자별 최적화된 주파수 대역을 설정하는 단계; (c) 설정된 최적 주파수 대역을 통해 뇌 신호를 필터링하는 단계; (d) 필터링된 뇌 신호로부터 2차원 특징맵을 추출하는 단계; 및 (e) 추출된 2차원 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성하는 단계를 포함하는, 공간-주파수 특징맵 생성 방법을 제공하고자 한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치 및 방법은 사용자마다 움직임 의도에 의해 반응하는 뇌파의 주파수 영역이 상이하다는 점을 고려하여, 사용자별로 최적화된 복수 개의 주파수 대역으로 뇌 신호를 필터링한 데이터를 이용하여 개인별로 최적화된 사용자 의도 분석을 수행할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치 및 방법은 최종 입력맵이 복수 개의 주파수 대역에 대한 특징맵으로 구성되도록 하여, 입력맵이 시간, 공간 및 주파수 정보를 모두 포함하여 높은 정보량을 갖게 되므로, 높은 정확도로 사용자의 의도를 분석할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치 및 방법은, 입력맵을 생성하는 과정에서 사용자에게 최적화된 주파수 대역을 사용하므로, 종래의 뇌 신호 분류 기술이 사용자에게 관계없이 공통된 주파수 대역을 분류에 사용하여 정확도가 낮아지는 단점을 극복할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵을 생성 장치의 구성을 보여주는 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 방법을 보여주는 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 방법을 보여주는 개념도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 주파수 대역 설정 방법을 보여주는 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 최종 입력맵을 보여주는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 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.
- [0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0020] 본 발명은 딥러닝 기반의 뇌-컴퓨터 인터페이스를 위한 공간-주파수 특징맵을 생성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.
- [0021] 구체적으로, 본 발명은 딥러닝 기반의 학습 모델의 경우 비선형적 조합으로 구성되기 때문에 선형 분류기와 달리 2차원이 아닌 3차원의 특징맵을 입력으로 사용할 수 있다는 기술적 구성을 적용하여 개발한 것이다. 본 발명은 사용자별로 최적화된 복수의 뇌 신호 주파수 영역을 산출하여, 이에 대응하는 복수의 2차원 특징맵을 생성하고, 이들을 3차원으로 복셀화한 입력맵을 생성하여 딥러닝을 통해 학습시키기 위한 것이다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 생성 도이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)는, 통신 모듈(110), 메모리(120), 프로세서(130), 데이터베이스(DB: 140)를 포함할 수 있다.
- [0024] 통신 모듈(110)은 통신망과 연동하여 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)에 통신 인터페이스를 제공하는데, 사용자의 뇌 신호 측정 기기와 데이터를 송수신하는 역할을 수행할 수 있다. 여기서, 통신 모듈(110)은 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치일 수 있다.
- [0025] 메모리(120)는 공간-주파수 특징맵을 생성하기 위한 프로그램이 기록될 수 있다. 또한, 메모리(120)는 프로세서(130)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 여기서, 메모리(120)는 휘발성 저장 매체(volatile storage media) 또는 비휘발성 저장 매체(non-volatile storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0026] 프로세서(130)는 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)에서 공간-주파수 특징맵을 생성하기 위한 프로그램이 수행하는 전체 과정을 제어할 수 있다. 프로세서(130)가 수행하는 과정의 각 단계에 대해서는 도 2 내지 도 5를 참조하여 후술하기로 한다.
- [0027] 여기서, 프로세서(130)는 프로세서(processor)와 같이 데이터를 처리할 수 있는 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령으로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로서, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0028] 데이터베이스(140)는 공간-주파수 특징맵을 생성하기 위한 기초 정보가 되는 사용자별 뇌-신호 데이터, 이에 대응되는 주파수 대역 정보, 특징맵, 입력맵 등이 저장되는 것일 수 있다
- [0029] 아래에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)에 의하여 공간-주파수 특징맵을 생성하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 방법을 보여주는 흐름도이다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 방법을 보여주는 개념도이다.
- [0031] 도 2 및 도 3을 참조하면, 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)는 뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 사용자의 동작상상 뇌 신호를 수신하는 단계(S200)를 수행할 수 있다.
- [0032] 여기에서, 뇌 신호 측정부는 일 예로 뇌파 측정 장비(EEG: Electroencephalogram)로서, 사용자가 특정 동작상상을 수행했을 때 두피에서 발생하는 뇌 신호를 측정하는 것일 수 있다.
- [0033] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 주파수 대역 설정 방법을 보여주는 흐름도이다
- [0034] 도 4를 참조하면 단계(S200) 다음으로, 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 프로세서(130)는 통신 모듈(110)에 의하여 수신한 뇌 신호로부터 사용자별 최적화된 주파수 대역을 설정하는 단계(S210)를 수행할 수 있다.
- [0035] 구체적으로, 프로세서(130)는 뇌 신호 측정부에 의하여 측정된 뇌 신호로부터 복수 개의 최초 주파수 대역을 설정하는 단계(S211)를 수행할 수 있다. 예를 들어, 뇌 신호로부터 검출되는 주파수를 일정한 크기의 범위로 구분하여 복수 개의 주파수 대역을 설정할 수 있다.
- [0036] 그 다음으로, 프로세서(130)는 복수 개의 최초 주파수 대역을 상호 의존 정보(mutual information)가 높은 순서에 따라 정렬하는 단계(S212)를 수행할 수 있다. 여기에서, 상호 의존 정보는 복수 개의 변수 사이의 상호 의존성을 측정한 것으로서, 특정 변수의 정보량을 의미할 수 있다. 복수 개의 변수는 특징 벡터와 레이블을 포함할 수 있다. 특징 벡터는 복수 개의 최초 주파수 대역으로 필터링된 뇌 신호로부터 추출되는 것일 수 있다. 레이블은 사용자의 의도가 적용되는 사용자의 동작상상에 의한 신체 부위에 관한 것일 수 있다. 즉, 상호 의존 정보는 특징 벡터를 통해 사용자의 의도를 분류하기 위한 정보량을 의미할 수 있다.
- [0037] 구체적으로, 특징 벡터는 아래의 [수학식 1]에 의해 추출되는 것일 수 있다.
- [0038] [수학식 1]

$$\mathbf{F} = \log(\text{var}(\mathbf{W}^T \mathbf{Z}))$$

- [0039]
- [0040] F: 특징 벡터
- [0041] W: 공통공간패턴(CSP: Common Spatial Pattern) 알고리즘
- [0042] Z: 최초 주파수 대역으로 필터링된 뇌 신호
- [0043] T: 전치행렬 표시

[0044] 여기에서, 공통공간패턴 알고리즘은 공간패턴 사이의 차이를 극대화하는 특징을 찾아주는 알고리즘으로서, 동작상상 뇌 신호에 적합한 특징 추출방법일 수 있다. 특징 벡터의 의미는 특정 주파수 범위로 필터링한 뇌신호로부터 추출된 특징값이라고 할 수 있다.

[0045] 그 다음으로, 프로세서(130)는 정렬된 최초 주파수 대역 중 상위 N개의 주파수 대역을 최적 주파수 대역으로 설정하는 단계(S213)를 수행할 수 있다.

[0046] 한편, 상호 의존 정보는 아래의 [수학식 2]에 의해 산출되는 것일 수 있다.

[0047] [수학식 2]

$$\mathbf{I}(\mathbf{F}_i, \mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}) - H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i)$$

[0048]

$$H(\mathbf{Y}) = -\sum_{y=1}^C p(\mathbf{y}) \log_c p(\mathbf{y})$$

$$H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i) = -\sum_{y=1}^C p(\mathbf{y}|\mathbf{F}_i) \log_c p(\mathbf{y}|\mathbf{F}_i)$$

$I(\mathbf{F}_i, \mathbf{Y})$: 상호 의존 정보

$\mathbf{F}_i$: i 번째 최초 주파수 대역으로 필터링한 뇌신호로부터 추출된 특징 벡터

$\mathbf{Y}$: 레이블

$H(\mathbf{Y})$: 엔트로피

$H(\mathbf{Y}|\mathbf{F}_i)$: 조건부 엔트로피

C : 사용자의 동작상상 신체 부위의 개수

이로써 상호 의존 정보가 산출되고, 이를 통해 주파수의 모집단을 순차로 정렬하여 상위 N 개의 주파수 대역을 추출할 수 있다. 이러한 주파수 대역들이 공간-주파수 특징맵을 생성할 때 활용될 수 있다.

단계(S210) 다음으로, 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 프로세서(130)는 미리 설정된 N 개의 최적 주파수 대역을 통해 뇌 신호를 필터링하는 단계(S220)를 수행할 수 있다. 즉, 각각의 최적 주파수 대역에 해당되는 뇌 신호들이 수집될 수 있는 것이다.

단계(S210) 다음으로, 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 프로세서(130)는 필터링된 뇌 신호로부터 2차원 특징맵을 추출하는 단계(S230)를 수행할 수 있다.

구체적으로, 2차원 특징맵은 아래의 [수학식 3]에 의하여 추출될 수 있다.

[수학식 3]

$$\mathbf{M} = \frac{1}{t} \mathbf{Z} \mathbf{Z}^T$$

$\mathbf{M}$: 특징맵

$\mathbf{Z}$: 필터링된 뇌 신호

E : 뇌 신호 측정 채널 개수

t : 뇌 신호 측정 시간

T : 전치행렬 표시

여기에서, N 개의 필터링된 뇌 신호들로부터 각각 N 개의 특징맵을 추출할 수 있다. 필터링된 뇌 신호는 2차원 형태로 뇌 신호를 측정된 채널의 개수와 뇌 신호를 측정된 시간의 크기로 구성(뇌 신호를 측정된 공간크기(E) x 뇌 신호를 측정된 시간크기(T))될 수 있다. 여기서 특징맵은 2차원 형태로써 ($E \times E$)의 크기를 가질 수 있다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 최종 입력맵을 보여주는 개념도이다.

도 5를 참조하면 단계(S230) 다음으로, 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 프로세서(130)는 미리 추출된 2차원 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성하는 단계(S240)를 수행할 수 있다.

구체적으로 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 프로세서(130)는 뇌 신호를 각각의 최적 주파수 대역으로 필터링한 것로부터 구해진 특징맵을 3차원으로 복셀화하여 입력맵을 생성할 수 있다.

여기에서, 분류기는 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Network) 분류기일 수 있다. 컨볼루션 신경망은 심층 신경망(DNN: Deep Neural Network)의 한 종류로, 하나 또는 여러 개의 컨볼루션 계층(convolutional layer)과 통합 계층(pooling layer), 완전하게 연결된 계층(fully connected layer)들로 구성된 신경망이다. 컨볼루션 신경망은 2차원 데이터의 학습에 적합한 구조를 가지고 있으며, 역전달(Backpropagation algorithm)을 통해 훈련될 수 있다. 따라서, 2차원 특징맵을 학습하여 3차원 입력맵을 생성하는 공간-주파수 특징맵 생성 장

치(100)에 적합하다.

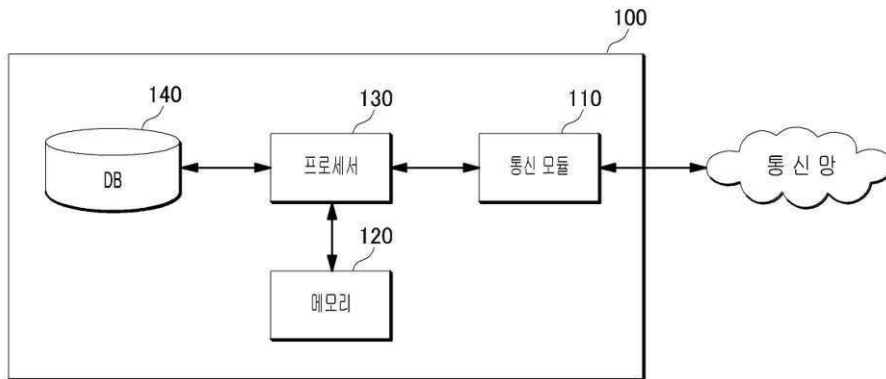
- [0073] 단계(S240) 다음으로, 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100)의 프로세서(130)는 분류기를 통해 입력맵을 학습하고 분류 결과를 출력하는 단계(S250)를 수행할 수 있다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100) 및 방법은 사용자마다 움직임 의도에 의해 반응하는 뇌파의 주파수 영역이 상이하다는 점을 고려하여, 사용자별로 최적화된 복수 개의 주파수 대역으로 뇌 신호를 필터링한 데이터를 이용하여 개인별로 최적화된 사용자 의도 분석을 수행할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100) 및 방법은 최종 입력맵이 복수 개의 주파수 대역에 대한 특징맵으로 생성되도록 하여, 입력맵이 시간, 공간 및 주파수 정보를 모두 포함하여 높은 정보량을 갖게 되므로, 높은 정확도로 사용자의 의도를 분석할 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 장치(100) 및 방법은, 입력맵을 생성하는 과정에서 사용자에게 최적화된 주파수 대역을 사용하므로, 종래의 뇌 신호 분류 기술이 사용자에게 관계없이 공통된 주파수 대역을 분류에 사용하여 정확도가 낮아지는 단점을 극복할 수 있다.
- [0077] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 공간-주파수 특징맵 생성 방법은 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. 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.
- [0078] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다.
- [0079] 따라서, 본 발명에 개시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

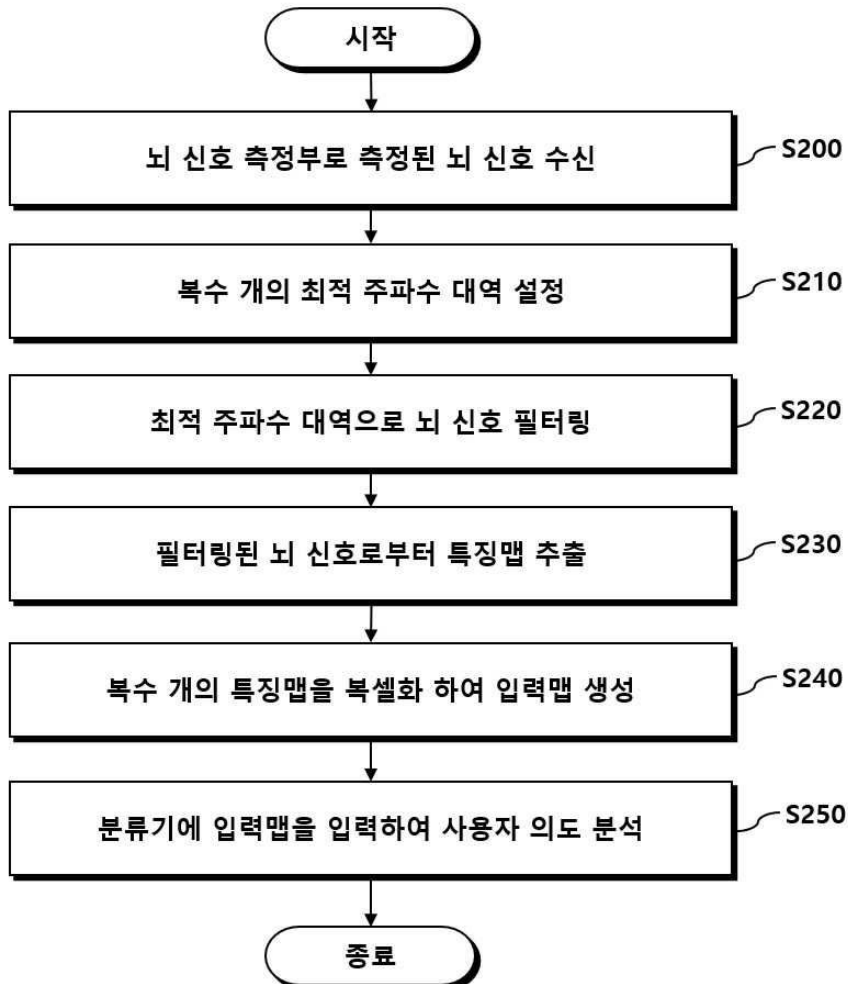
- [0080] 100: 공간-주파수 특징맵 생성 장치
- 110: 통신 모듈
- 120: 메모리
- 130: 프로세서
- 140: 데이터베이스

도면

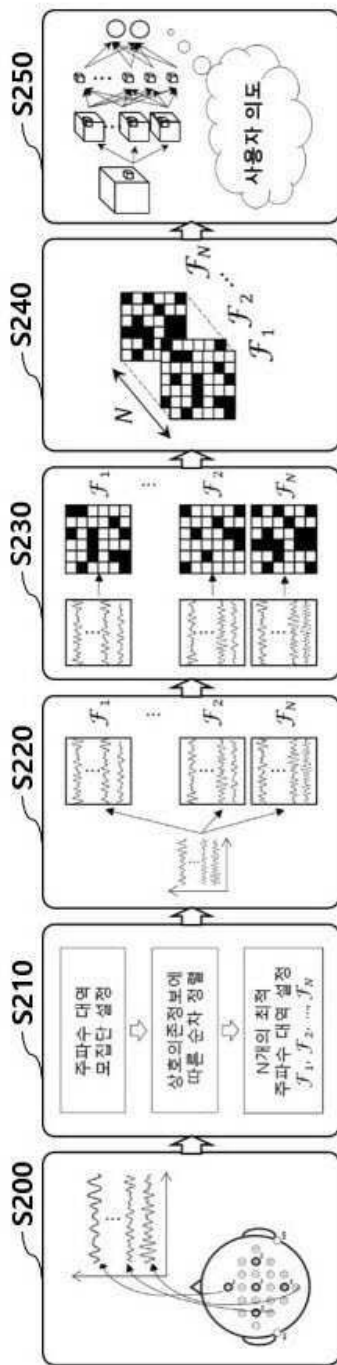
도면1



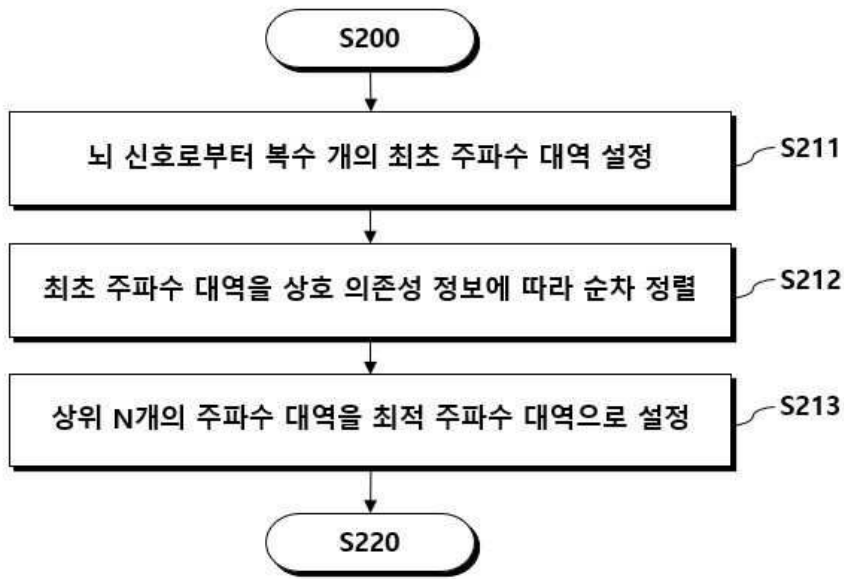
도면2



도면3



도면4



도면5

