



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0056952
(43) 공개일자 2020년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) A61B 5/0476 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 3/015 (2013.01)
A61B 5/0476 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0147106
(22) 출원일자 2019년11월15일
심사청구일자 2019년11월15일
(30) 우선권주장
1020180140457 2018년11월15일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
정원주
서울특별시 강남구 삼성로64길 5, 107동 302호
박용구
서울특별시 성북구 인촌로13길 14, 206호
(74) 대리인
김홍석

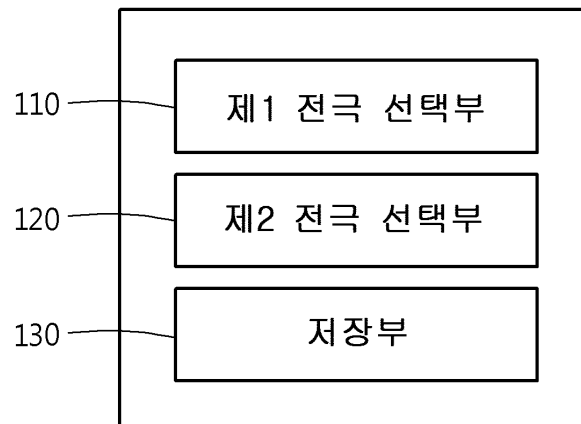
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 상관계수와 필터 뱅크 CSP 특징의 피서 비율을 이용한 BCI를 위한 최적 전극 선택 장치 및 방법

(57) 요약

상관계수와 필터 뱅크 CSP 특징의 피서 비율을 이용하여 BCI를 위한 최적의 전극 선택 장치 및 방법이 개시된다. 상기 전극 선택 장치는 각각이 피험자의 두부에 부착되는 복수의 전극들 각각으로부터 측정된 복수의 뇌전도 신호들 간의 상관계수(correlation)를 산출하고, 상관계수에 대한 피서 비율(Fisher ratio)에 기초하여 상기 복수의 전극들 중 제1 전극들을 선택하는 제1 전극 선택부 및 상기 제1 전극들을 복수의 소구역들로 그룹핑하여 각 소구역별로 특징을 추출하고, 추출된 특징을 이용하여 상기 제1 전극들 중에서 제2 전극들을 선택하는 제2 전극 선택부를 포함한다.

대표도 - 도1



10

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20170004320022004

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발

연구과제명 플랫폼 기술 개발
생각만으로 실생활 기기 및 AR/VR 디바이스를 제어하는 비침습 BCI 통합 뇌인지컴퓨팅 SW

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

BCI(Brain-Computer Interface)를 위한 최적의 전극을 선택하는 전극 선택 장치에 있어서,

각각이 피험자의 두부에 부착되는 복수의 전극들 각각으로부터 측정된 복수의 뇌전도 신호들 간의 상관관계(correlation)를 산출하고, 상관관계에 대한 피셔 비율(Fisher ratio)에 기초하여 상기 복수의 전극들 중 제1 전극들을 선택하는 제1 전극 선택부; 및

상기 제1 전극들을 복수의 소구역들로 그룹핑하여 각 소구역별로 특징을 추출하고, 추출된 특징을 이용하여 상기 제1 전극들 중에서 제2 전극들을 선택하는 제2 전극 선택부를 포함하는 전극 선택 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 전극 선택부는,

전극에 대한 피셔 비율들 중 제1 임계값 이상의 피셔 비율의 개수를 상기 전극의 중요도로 결정하고,

중요도가 결정된 상기 복수의 전극들 중에서 중요도에 기초하여 상기 제1 전극들을 선택하는,

전극 선택 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 전극들 중 i 번째 전극의 뇌전도 신호와 j 번째 전극의 뇌전도 신호의 피셔 비율($F_{i,j}$)은 수학식 1에 의해 산출되고,

$$F_{i,j} = \frac{v_1 + v_2}{(m_1 - m_2)^2}$$

상기 수학식 1은

상기 m_1 과 상기 v_1 은 각각 i 번째 전극의 뇌전도 신호와 j 번째 전극의 뇌전도 신호 사이의 상관관계($\rho_{i,j}$)의 클래스(class) 1에 대한 평균과 분산을 의미하고,

상기 m_2 와 상기 v_2 는 각각 i 번째 전극의 뇌전도 신호와 j 번째 전극의 뇌전도 신호 사이의 상관관계($\rho_{i,j}$)의 클래스 2에 대한 평균과 분산을 의미하는,

전극 선택 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1 전극 선택부는 상기 복수의 전극들 중에서 중요도가 높은 순으로 미리 정해진 개수의 상기 제1 전극들을 선택하는,

전극 선택 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 전극 선택부는 상기 제1 전극들 중 임의의 전극과 제2 임계값 이상의 상관관계를 갖는 전극들을 상기 임의의 전극과 그룹핑하여 상기 제1 전극들의 개수만큼의 소구역들을 설정하는,

전극 선택 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2 전극 선택부는 설정된 소구역별로 FBCSP(Filter-Bank Common Spatial Pattern)를 적용하여 특징(feature)을 추출하는,

전극 선택 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제2 전극 선택부는,

FBCSP의 적용 결과로 산출된 상기 복수의 소구역들 각각의 특징 벡터에 대한 피셔 비율을 산출하고,

상기 복수의 소구역들 중에서 가장 높은 피셔 비율을 보이는 소구역에 포함된 전극들을 제2 전극들로 선택하는,

전극 선택 장치.

청구항 8

적어도 프로세서(processor)를 포함하는 컴퓨팅 장치에서 수행되는 전극 선택 방법에 있어서, 상기 프로세서는 각각이 피험자의 두부에 부착되는 복수의 전극들 각각으로부터 측정된 복수의 뇌전도 신호들 간의 상관관계(correlation)를 산출하는 과정;

상관관계에 대한 피셔 비율(Fisher ratio)에 기초하여 상기 복수의 전극들 중 제1 전극들을 선택하는 과정;

상기 제1 전극들을 복수의 소구역들로 그룹핑하는 과정; 및

각 소구역별로 특징을 추출하고 추출된 특징을 이용하여 상기 제1 전극들 중에서 제2 전극들을 선택하는 과정을 수행하고,

상기 제1 전극들을 선택하는 과정은 전극에 대한 피셔 비율들 중 제1 임계값 이상의 피셔 비율의 개수를 상기 전극의 중요도로 결정하는 과정과 중요도가 결정된 상기 복수의 전극들 중에서 중요도에 기초하여 상기 제1 전극들을 선택하는 과정을 포함하고,

상기 그룹핑하는 과정은 상기 제1 전극들 중 임의의 전극과 제2 임계값 이상의 상관관계를 갖는 전극들을 상기 임의의 전극과 그룹핑하여 상기 제1 전극들의 개수만큼의 소구역들을 설정하고,

상기 제2 전극들을 선택하는 과정은 설정된 소구역별로 FBCSP(Filter-Bank Common Spatial Pattern)를 적용하여 특징(feature)을 추출하는 과정, FBCSP의 적용 결과로 산출된 상기 복수의 소구역들 각각의 특징 벡터에 대한 피셔 비율을 산출하는 과정, 및 상기 복수의 소구역들 중에서 가장 높은 피셔 비율을 보이는 소구역에 포함된 전극들을 제2 전극들로 선택하는 과정을 포함하는,

전극 선택 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 뇌전도 신호를 이용한 뇌-기계 인터페이스 기술로써, 보다 상세하게는 두 전극의 상관관계와 공통 공간 패턴(Common Spatial Pattern, CSP)를 이용한 최소 전극 기반 동작 예측 기법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 뇌-기계 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI)는 근육의 움직임 없이 뇌신호를 분석하고 해독하여 직접적으로 기기를 제어하는 기술이다. 뇌-기계 인터페이스에서 사용되는 뇌신호에는 뇌전도(electroencephalogram, EEG), 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, MRI), 기능적 근적외선 분광법(Functional Near Infrared Spectroscopy, fNIRs) 등이 있다. 이 중 뇌전도 신호가 다른 뇌신호들에 비하여 높은 시간분해능과 가성비를 가지고 있어 널리 이용되고 있다.
- [0004] 뇌전도 신호의 효과적인 분석과 해석을 위해서는 피험자의 두피의 여러 지역에서 다양한 뇌전도 신호를 측정하여야 한다. 하지만, 많은 수의 전극을 사용하여 측정된 뇌전도 신호들은 두개골과 두피를 통과하면서 발생하는 높은 잡음들을 포함하고 있어, 판단하고자 하는 의도와 관련이 없는 전극의 뇌전도 신호는 분류 성능의 저하를 초래할 수 있다. 따라서, 뇌전도 신호의 잡음과 불필요한 전극을 제거하고 분류에 가장 효과적인 전극을 택하기 위한 많은 방법들이 등장하였다.
- [0005] ICA는 뇌전도 신호의 잡음을 제거하기 위해 등장하였다. ICA는, 두피에서 측정되는 뇌전도 신호는 뇌의 내부 신호원에서 발생하는 신호들이 섞여서 측정되는 것임에 주목하여, 내부 신호원을 분석하여 의도와 관계가 없는 신호원을 제거하는 기술이다. ICA를 이용하여 의도와 관계가 적은 신호원들에서 발생하는 신호를 제거하여 재구성된 뇌전도 신호를 이용하면 기존의 뇌전도 신호보다 의도에 대한 특징들이 명확히 포함된 뇌전도 신호를 얻을 수 있다. 따라서, ICA를 이용하여 불필요한 잡음을 제거하는 기술들이 연구되고 있다.
- [0006] 또한, 분류에 최적화된 전극을 선택하기 위해 기존의 공통 공간 패턴(CSP) 기법도 사용되었다. CSP 알고리즘에서 생성되는 공간 필터를 이용하여, 공간 필터의 계수를 이용하여 대응하는 전극들의 중요도를 평가하여 분류에 효과적인 전극만을 선택하는 방법들이 사용되고 있다.
- [0007] 뇌전도 신호를 이용함에 있어 가장 큰 문제점은 높은 잡음과 최적 전극의 선택에 있다. 뇌전도 신호에 포함되는 잡음의 정확한 수학적 모델은 아직까지 알려지지 않았다. 따라서, 기존의 다양한 분야에서 사용하는 잡음 처리 방법을 적용하기엔 한계가 있다. 따라서, 뇌전도 잡음의 수학적 모델을 분석하기 위한 노력과 더불어 잡음을 효과적으로 처리하고자 하는 방법에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다.
- [0008] 본 발명에서는 뇌전도 신호의 잡음이 서로 독립적이라고 가정할 경우 효과적으로 잡음을 처리할 수 있는 상관관계(correlation)를 이용한다. 또한, 최소 전극의 선택도 뇌전도 기반의 BCI 시스템에서 해결해야 할 문제이다. 특정 의도에 대한 자극은 내부 신호원의 전체에서 동일하게 발생하는 것이 아니라 특정 지역에서 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 내부 신호원들의 신호가 섞여서 측정되는 두피의 뇌전도 신호에도 의도에 관련이 큰 내부 신호원들의 신호가 큰 영향을 미치는 전극, 영향을 거의 미치지 않는 전극들이 섞여 있다. 따라서, 의도에 가장 관련이 깊은 전극을 선택하여 의도 인식 알고리즘을 적용할 경우 전체 전극을 사용할 때보다 복잡도와 시간이 줄어들고 분류 성능이 향상될 수 있다. 결국, 본 발명에서는 상관관계와 필터 뱅크 CSP를 기반으로 새로운 최전 전극 선택 및 선택된 전극 기반 의도 인식 알고리즘을 제안한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제1068017호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제1619973호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 상관관계와 필터 뱅크 CSP 특징의 피셔 비율을 이용하여 BCI를 위한 최적의 전극을 선택하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 실시예에 따른, BCI(Brain-Computer Interface)를 위한 최적의 전극을 선택하는 전극 선택 장치는 각각이 피험자의 두부에 부착되는 복수의 전극들 각각으로부터 측정된 복수의 뇌전도 신호들 간의 상관관계(correlation)를 산출하고, 상관관계에 대한 피셔 비율(Fisher ratio)에 기초하여 상기 복수의 전극들 중 제1 전극들을 선택하는 제1 전극 선택부, 및 상기 제1 전극들을 복수의 소구역들로 그룹핑하여 각 소구역별로 특징을 추출하고, 추출된 특징을 이용하여 상기 제1 전극들 중에서 제2 전극들을 선택하는 제2 전극 선택부를 포함한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 전극 선택 방법은 적어도 프로세서(processor)를 포함하는 컴퓨팅 장치에서 수행되고, 상기 프로세서는 각각이 피험자의 두부에 부착되는 복수의 전극들 각각으로부터 측정된 복수의 뇌전도 신호들 간의 상관관계(correlation)를 산출하는 과정, 상관관계에 대한 피셔 비율(Fisher ratio)에 기초하여 상기 복수의 전극들 중 제1 전극들을 선택하는 과정, 상기 제1 전극들을 복수의 소구역들로 그룹핑하는 과정, 및 각 소구역별로 특징을 추출하고 추출된 특징을 이용하여 상기 제1 전극들 중에서 제2 전극들을 선택하는 과정을 수행하고, 상기 제1 전극들을 선택하는 과정은 전극에 대한 피셔 비율들 중 제1 임계값 이상의 피셔 비율의 개수를 상기 전극의 중요도로 결정하는 과정과 중요도가 결정된 상기 복수의 전극들 중에서 중요도에 기초하여 상기 제1 전극들을 선택하는 과정을 포함하고, 상기 그룹핑하는 과정은 상기 제1 전극들 중 임의의 전극과 제2 임계값 이상의 상관관계를 갖는 전극들을 상기 임의의 전극과 그룹핑하여 상기 제1 전극들의 개수만큼의 소구역들을 설정하고, 상기 제2 전극들을 선택하는 과정은 설정된 소구역별로 FBCSP(Filter-Bank Common Spatial Pattern)를 적용하여 특징(feature)을 추출하는 과정, FBCSP의 적용 결과로 산출된 상기 복수의 소구역들 각각의 특징 벡터에 대한 피셔 비율을 산출하는 과정, 및 상기 복수의 소구역들 중에서 가장 높은 피셔 비율을 보이는 소구역에 포함된 전극들을 제2 전극들로 선택하는 과정을 포함한다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 실시예에 따른 최적의 전극 선택 장치 및 방법에 의한 경우, 피험자별로 의도 인식에 최적의 효과를 발휘하는 전극을 선택할 수 있는 효과가 있다.
- [0017] 또한, 기존 기법에 비하여 사용 전극의 개수를 줄임과 동시에 분류 정확도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.
- 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 선택 장치의 기능 블록도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 전극 선택 장치에서 수행되는 전극 선택 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 3은 118개 전극의 위치를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명과 기존의 전극 선택 방법인 SCSP, TDP 그리고 E-CSP와 분류 정확도를 나타내는 표를 도시한다.
- 도 5는 각 피험자별 선택된 전극의 위치를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.
- [0021] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0022] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [0023] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0024] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0025] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0026] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 선택 장치의 기능 블록도이고, 도 2는 도 1에 도시된 전극 선택 장치에서 수행되는 전극 선택 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0029] 도 1과 도 2를 참조하면, 운동 심상(Motor Imagery, MI)을 분류하기 위한 최적의 전극을 선택하는 전극 선택 장치(10)는 제1 전극 선택부(110)와 제2 전극 선택부(120)를 포함한다. 실시예에 따라, 전극 선택 장치(10)는 저장부(130)를 더 포함할 수도 있다.
- [0030] 전극 선택 장치(10)는 적어도 하나의 프로세서를 이용하여 구현될 수 있으며, 여기서 프로세서는 중앙 처리 장치(CPU, Central Processing Unit), 마이크로 컨트롤러 유닛(MCU, Micro Controller Unit), 애플리케이션 프로세서(AP, Application Processor), 마이컴(Micom, Micro Processor), 전자 제어 유닛(ECU, Electronic Controlling Unit) 및/또는 각종 연산 처리 및 제어 신호의 생성이 가능한 다른 전자 장치 등을 포함할 수 있다. 이들 장치는 예를 들어 하나 또는 둘 이상의 반도체 칩 및 관련 부품을 이용하여 구현될 수 있다. 일 실시예에 의하면, 프로세서는 저장부(130)에 저장된 적어도 하나의 애플리케이션(소프트웨어, 프로그램이나 앱 등으로 표현 가능하다)을 구동시켜, 미리 정의된 연산, 판단, 처리 및/또는 제어 동작 등을 수행할 수도 있다. 여기서, 저장부(130)에 저장된 애플리케이션은, 설계자에 의해 직접 작성되어 저장부(130)에 입력 및 저장된 것일

수도 있고, 또는 유선 또는 무선 통신 네트워크를 통해 접속 가능한 전자 소프트웨어 유통망을 통하여 획득 또는 갱신된 것일 수도 있다.

[0031] 또한, 전극 선택 장치(10)는 이와 같은 프로세서가 하나 이상 설치된 적어도 하나의 정보 처리 장치를 이용하여 구현될 수도 있으며, 전자 정보 처리 장치는 데스크톱 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 서버용 컴퓨터, 스마트 폰, 태블릿 피씨, 스마트 시계, 내비게이션 장치, 휴대용 게임기, 두부 장착형 디스플레이(HMD, Head Mounted Display) 장치, 인공지능 음향 재생 장치, 디지털 텔레비전, 가전기기, 기계 장치 및/또는 전자적으로 정보의 연산/처리 및 이와 관련된 제어가 가능하고 에너지 관리를 위해 특별히 제작된 적어도 하나의 장치를 포함할 수 있다. 또한, 전극 선택 장치(10)에 의해 수행되는 전극 선택 방법은 전극 선택 장치(10)에 포함되는 적어도 하나의 프로세서의 동작을 의미할 수도 있다.

[0033] 제1 전극 선택부(110)는 뇌전도 신호 간의 상관관계(correlation)를 이용하여 제1 전극 선택 동작을 수행함으로써 불필요한 전극을 제거할 수 있다. 다시 말해, 제1 전극 선택부(110)는 뇌전도 신호 간의 상관관계(상관관계 계수(correlation coefficient) 또는 상관 계수라 지칭될 수도 있음)를 산출한 후 피셔 비율(Fisher ratio)을 이용하여 H(H는 2 이상의 자연수) 개의 전극을 선택할 수 있다. 상관관계는 피어슨 상관관계(Pearson correlation)를 의미할 수 있다.

[0034] 구체적으로, 제1 전극 선택부(110)는 수학적 식 1을 이용하여 두 뇌전도 신호 사이의 상관관계를 산출할 수 있다.

[0035] [수학적 식 1]

$$\rho_{i,j} = \frac{cov(X_i, X_j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

[0036] 복수의 뇌전도 신호들(또는 복수의 전극들) 중 i 번째 전극의 뇌전도 신호와 j 번째 뇌전도 신호를 각각 X_i 와 X_j 라 할 때, 두 뇌전도 신호 사이의 상관관계(상관관계 계수 또는 상관 계수)는 수학적 식 1과 같다. 수학적 식 1에서, cov 는 공분산(covariance)를, σ_i 는 뇌전도 신호 X_i 의 표준 편차를, σ_j 는 뇌전도 신호 X_j 의 표준 편차를 의미할 수 있다.

[0038] 이후, 제1 전극 선택부(110)는 모든 뇌전도 신호(훈련 신호(training signal))를 의미할 수 있음)에 대해 i 번째 전극의 뇌전도 신호와 j 번째 전극의 뇌전도 신호, 즉 모든 뇌전도 신호 사이의 상관관계 $\rho_{i,j}$ 의 클래스(class) 1에 대한 평균(m_1)과 분산(v_1) 그리고 클래스 2에 대한 평균(m_2)과 분산(v_2)을 계산할 수 있다.

[0039] 또한, 제1 전극 선택부(110)는 모든 뇌전도 신호들을 대상으로 두 뇌전도 신호의 상관관계에 대한 피셔 비율을 산출할 수 있다. i 번째 전극의 뇌전도 신호와 j 번째 전극의 뇌전도 신호 사이의 상관관계에 대한 피셔 비율($F_{i,j}$)은 수학적 식 2와 같다.

[0040] [수학적 식 2]

$$F_{i,j} = \frac{v_1 + v_2}{(m_1 - m_2)^2}$$

[0041] 마지막으로, 제1 전극 선택부(110)는 피셔 비율을 기반으로 복수의 제1 전극들, 즉 H(H는 2 이상의 자연수) 개의 전극들을 선택할 수 있다. 구체적으로, 제1 전극 선택부(110)는 피셔 비율을 기반으로 각 전극별 중요도를 설정(또는 결정)할 수 있다. 총 K(K는 2 이상의 자연수) 개의 전극이 존재하는 경우(즉, $i, j = 1, 2, \dots, K$), i 번째 전극에 대한 K 개의 피셔 비율들($F_{i,j}, j = 1, 2, \dots, K$)이 존재한다. 이때, 제1 전극 선택부(110)는 미리 설정된 임계값(T) 이상의 피셔 비율의 개수를 i 번째 전극의 중요도 점수로 설정(또는 결정)할 수 있다. 결국, 제1 전극 선택부(110)는 중요도가 설정(또는 결정)된 총 K 개의 전극들 중 중요도가 높은 상위 H 개의 전극을 제1 전극들로 선택할 수 있다. 이때, H의 값은 미리 정해진 값일 수도 있고, 미리 정해진 값 이상의 중요도

점수를 갖는 전극의 개수를 의미할 수도 있다. 즉, H의 값은 실시예에 따라 변화할 수 있다.

[0044] 제2 전극 선택부(120)는 필터 뱅크 CSP(Filter-Bank Common Spatial Pattern, FBCSP)를 이용하여 제2 전극 선택 동작을 수행함으로써 운동 심상(또는 인지 심상) 분류에 최적의 효율을 보이는 전극들만을 선택할 수 있다. 다시 말해, 제2 전극 선택부(120)는 제1 전극 선택부(110)에 의해 선택된 H 개의 전극에 기초하여 복수의 소구역역을 설정하고, 각 소구역별로 FBCSP를 기반으로 특징을 추출하여 제2 전극들을 선택할 수 있다.

[0045] 구체적으로, 제2 전극 선택부(120)는 H 개의 전극들 각각에 대해, 미리 정해진 값(예컨대, 0.9) 이상의 상관관계를 가지는 전극들과 (소)구역(또는 그룹)을 설정한다. 이는 전극별로 높은 상관관계를 가지는 전극들과 그룹핑을 함을 의미한다. 예컨대, i 번째 전극이 H 개의 전극에 포함되는 전극이라 할 때, i 번째 전극에 대한 소구역에는 m_1 및/또는 m_2 가 미리 정해진 값(예컨대, 0.9) 이상인 전극들이 포함될 수 있다. 즉, i 번째 전극은 m_1 및/또는 m_2 가 미리 정해진 값(예컨대, 0.9) 이상인 전극들과 그룹핑된다(또는 소구역역을 형성한다). 이를 통해, 총 H 개의 소구역이 생성된다.

[0046] 제2 전극 선택부(120)는 생성된 소구역별로 FBCSP를 적용하여 특징(feature)을 추출할 수 있다. FBCSP를 이용하여 특징을 추출하는 과정은 다음과 같다. 생성된 소구역의 뇌전도 데이터를 Y 라 할 때, 제2 전극 선택부(120)는 수학적 식 3을 이용하여 M (M 은 2 이상의 자연수) 개의 필터 뱅크들 중 m (m 은 M 보다 작거나 같은 자연수) 번째 필터 뱅크를 통과한 뇌전도 신호 Y_m 의 공분산 행렬 E_m 을 산출한다.

[0047] [수학적 식 3]

$$E_m = \frac{Y_m Y_m^T}{\text{trace}(Y_m Y_m^T)}$$

[0048]

[0049] Y 는 소구역의 뇌전도 데이터로써, 소구역 내에 포함된 전극들 각각으로부터 출력된(또는 측정된) 뇌전도 신호들을 합산한 신호를 의미할 수 있으며, 본 명세서에서는 (소)구역 뇌전도 신호라 명명할 수도 있다. 또한, $E_{m,1}$ 과 $E_{m,2}$ 각각을 클래스 1과 클래스 2의 공분산 행렬이라고 하면 두 공분산 행렬의 합은 $\bar{E}_m = E_{m,1} + E_{m,2}$ 가 되고, 이는 고유값 분해를 통해 수학적 식 4와 같이 표현될 수 있다.

[0050] [수학적 식 4]

$$\bar{E}_m = U_m \Lambda_m U_m^T$$

[0051]

[0052] 수학적 식 4에서 U_m 는 고유벡터를 의미하고, Λ_m 는 고유값 행렬을 의미한다. 또한, 백색화 행렬을 $Q_m = \sqrt{\Lambda_m^{-1}} U_m^T$ 로 정의하면, 백색화 공분산 행렬 S_m 는 수학적 식 5와 같이 정의된다.

[0053] [수학적 식 5]

$$S_m = Q_m \bar{E}_m Q_m^T = W_m \Lambda_m W_m^T$$

[0054]

[0055] 수학적 식 5에서, W_m 는 각각의 열이 공간 필터들로 구성된 투영행렬을 나타내고, 고유값 행렬 Λ_m 에 대해 가장 큰 고유값과 작은 고유값에 해당하는 W_m 의 공간 필터를 특징으로 추출하기 위해 사용한다. 본 발명에서는 소구역 뇌전도 신호 Y_m 에 공간 필터 W_m 를 통과시킨 신호의 분산을 특징(feature)으로 사용할 수 있다. 따라서, 제2 전극 선택부(120)는 m 번째 필터뱅크에 대해 특징벡터 $\bar{v}_{m,1} = [v_{m,1,1}, v_{m,1,2}, \dots, v_{m,1,N}]^T$ 와 $\bar{v}_{m,2} = [v_{m,2,1}, v_{m,2,2}, \dots, v_{m,2,N}]^T$ 를 추출(또는 생성)할 수 있다. 여기서, N 은 훈련 신호(training signal), 즉 전극별로 뇌전도 신호가 측정된 횟수를 의미할 수 있다.

[0056] 소구역에 대해 M 개의 필터 뱅크를 모두 통과한 특징 벡터를 모은 특징 벡터 집합(또는 특징 집합) V 는 수

학식 6과 같이 구성된다.

[수학식 6]

$$V = [\bar{v}_{1,1}, \bar{v}_{1,2}, \bar{v}_{2,1}, \bar{v}_{2,2}, \dots, \bar{v}_{M,1}, \bar{v}_{M,2}]$$

FBCSP는 MIBIF 기법(Mutual Information-Based Individual Feature algorithm)을 통해 각 특징 벡터의 상호정보량을 계산하여 분류가능성이 가장 높은 필터뱅크 a(a는 임의의 자연수로서, 예시적인 값은 '2'가 될 수 있음) 개를 선택한다. 선택된 두 개의 필터뱅크에 대한 특징 벡터 집합을 다음 수학식 7과 같이 새롭게 정의될 수 있다.

[수학식 7]

$$\hat{V} = [\bar{f}_{1,1}, \bar{f}_{1,2}, \bar{f}_{2,1}, \bar{f}_{2,2}]$$

이후, 제2 전극 선택부(120)는 $\hat{V}$ 에 대한 피셔 비율(Fisher ratio)을 계산한다. 즉, 제2 전극 선택부(120)는 모든 소구역에 대해 $\hat{V}$ 를 추출하여 소구역별 $\hat{V}$ 에 대한 피셔 비율을 계산한 후 가장 높은 피셔 비율을 보이는 적어도 하나의 소구역을 선정할 수 있다. 선정된 적어도 하나의 소구역에 포함되는 전극들이 최종적으로 제2 전극들로 선택될 수 있다. 즉, 제2 전극 선택부(120)는 소구역별 $\hat{V}$ 에 대한 피셔 비율을 계산한 후 가장 높은 피셔 비율을 보이는 적어도 하나의 소구역에 포함되는(또는 적어도 하나의 소구역으로 그룹핑된) 전극들을 제2 전극들로 선택할 수 있다.

선택된 전극들은 상관관계와 피셔 비율에 대해 높은 분류가능성을 지닌 최적의 전극들로서, 선택된 전극들을 이용하여 추가적인 필터뱅크 CSP를 이용한 학습을 진행하여 최종적으로 분류기를 학습할 수 있다. 여기서, 분류기는 서포트 벡터 머신(support vector machine, SVM), 뉴럴 네트워크(neural network, NN), 유사-하르 특징(Harr-like feature), 로컬 바이너리 패턴(Local Binary Patterns: LBP), 적응적 부스팅(adaptive boosting), 뉴럴 네트워크(Neural Network, NN), 또는 딥 러닝(deep learning) 등의 다양한 기계 학습 모델(machine learning model)을 포함할 수 있다.

저장부(130)에는 각각이 복수의 전극들(채널들)을 통하여 피험자의 두부로부터 출력된(또는 측정된) 뇌전도 신호가 저장될 수 있다. 이때, 각 전극별로 복수회의 측정이 수행되어 각 전극별 복수개의 뇌전도 신호가 생성(또는 측정)될 수도 있다. 또한, 저장부(130)에는 제1 전극 선택 동작의 수행 중에 발생한 데이터, 이를 통해 선택된 적어도 하나의 제1 전극에 대한 정보가 저장될 수 있다.

또한, 저장부(130)에는 제2 전극 선택 동작의 수행 중에 발생한 데이터, 이를 통해 선택된 적어도 하나의 제2 전극에 대한 정보가 저장될 수 있다.

[실시예]

본 발명의 성능평가는 BCI Competition III Dataset IVa를 이용하여 이루어졌다. BCI Competition III Dataset IVa는 피험자의 오른손과 오른발의 움직임에 대한 공개되어 있는 뇌전도 신호이다. 측정된 뇌전도 신호는 건강한 다섯 명의 피험자(al, aa, av, aw, ay)에 대하여 extended international 10/20 system에 따라서 118개에서 전극에서 추출된 신호이다. 따라서 본 발명에서는 해당 뇌전도 신호에서 118개의 전극에서 얼마나 효과적으로 사용 전극을 줄이면서 성능을 향상시킬 수 있는지 평가하는데 적합한 데이터이다. 다섯 명의 피험자들에 대하여 각 클래스마다 140회 실험, 즉 총 280회의 실험이 이루어졌다. 다섯 명의 피험자(al, aa, av, aw, ay)의 훈련 신호의 개수는 각각 224, 168, 84, 56, 28이고 테스트 신호의 개수는 각각 56, 112, 96, 224, 252개이다. 도 3은 118개 전극의 위치를 나타낸다. 또한, 각 피험자의 신호가 기록된 3.5초 중 0.5초부터 3초까지의 신호만을 사용하였다. 상관관계 기반의 전극 선택 단계에서는 4Hz-32Hz의 주파수로 필터링을 하였다. 실험에서 사용한 임계값 T는 1이고, 118개의 전극 중 25개(H=30)의 전극을 1차적으로 선택하였다. 그 후 필터뱅크 CSP에서는 4-8Hz, 8-12Hz, ..., 28-32Hz의 총 7개의 필터뱅크를 사용하였다. 동작 분류를 위해서는 가장 널리 사용되는 분류기인 SVM(Support Vector Machine)을 사용하였다.

- [0070] 도 4는 본 발명과 기존의 전극 선택 방법인 SCSP, TDP 그리고 E-CSP와 분류 정확도를 나타내는 표를 도시한다. 괄호 안의 숫자는 선택된 전극의 개수를 나타내었다. 본 발명은 기존의 방법들과 비교하여 88.34의 높은 분류 정확도를 보였다. 가장 높은 정확도를 보인 E-CSP보다 2.49%의 성능 향상을 보였다. 피험자별로 비교하였을 경우에도 피험자 ay를 제외한 모든 피험자들에 대해 분류 정확도가 향상하였다. 또한, 선택된 전극의 개수를 비교하였을 때도 TDP와 E-CSP와 동일한 평균 9.2개의 전극을 선택함과 동시에 높은 분류 정확도 향상을 보인 것은 상관관계와 피서 비율 기반의 전극 선택법이 높은 효율을 보인다는 것을 알 수 있다. 도 5는 각 피험자별 선택된 전극의 위치를 나타낸다. 도 5를 통해 피험자별 운동 심상에 가장 큰 영향을 미치는 전극들의 위치가 모두 다른 것을 알 수 있다. 따라서 본 발명과 같은 피험자별 전극 선택 방법이 효과적으로 성능을 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.
- [0072] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 집합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시 예들에서 설명된 장치 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPA(Field Programmable array), PLU(Programmable Logic Unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(Operation System, OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(Processing Element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(Parallel Processor)와 같은, 다른 처리 구성(Processing Configuration)도 가능하다.
- [0073] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(Computer Program), 코드(Code), 명령(Instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(Collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성 요소(Component), 물리적 장치, 가상 장치(Virtual Equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(Signal Wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(Embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0074] 실시 예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시 예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-optical Media), 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. 상기된 하드웨어 장치는 실시 예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0076] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0078]

10 : 전극 선택 장치

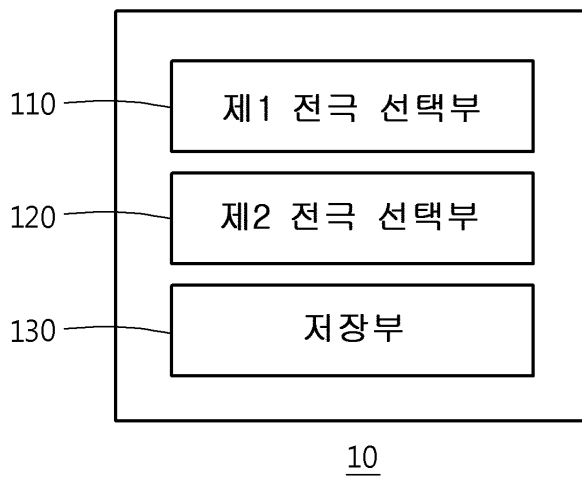
110 : 제1 전극 선택부

120 : 제2 전극 선택부

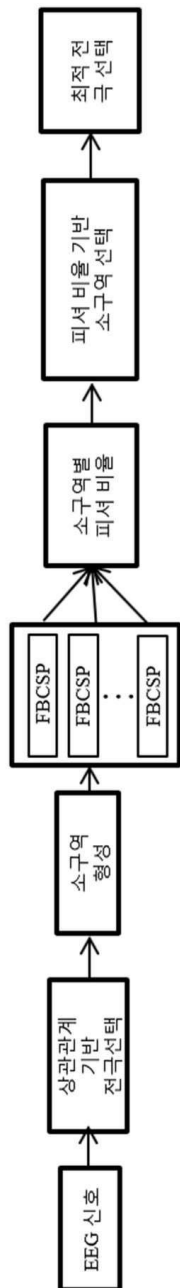
130 : 저장부

도면

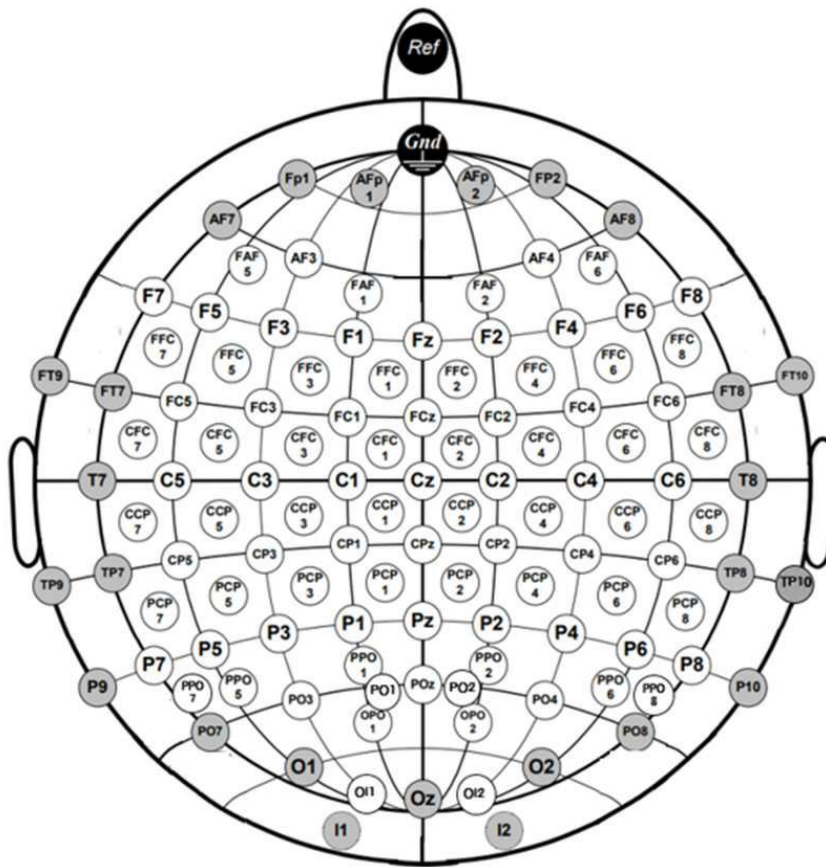
도면1



도면2



도면3



도면4

시험자	SCSP	TDP	E-CSP	본 발명
al	97.14(12)	88(6)	96.42(7)	98.21(7)
aa	80.71(17)	67(8)	82.14(8)	88.4(13)
av	57.14(33)	61(11)	72.14(7)	75.51(10)
aw	85(36)	81(10)	84.28(12)	91.52(9)
ay	91.42(15)	92(11)	94.28(12)	88.1(7)
평균	82.28(22.6)	78(9.2)	85.85(9.2)	88.34(9.2)

도면5

