

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0146124
(43) 공개일자 2022년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/12 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)

A61B 5/372 (2021.01) A61B 5/38 (2021.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/128 (2013.01)

A61B 5/372 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2021-0053007

(22) 출원일자 2021년04월23일

심사청구일자 2021년04월23일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

민병경

서울특별시 강동구 상암로 325, 1동 301호 (상일동, 삼성빌라)

김현석

서울특별시 성북구 삼양로9길 18,3층(길음동)

(74) 대리인

윤귀상

전체 청구항 수 : 총 14 항

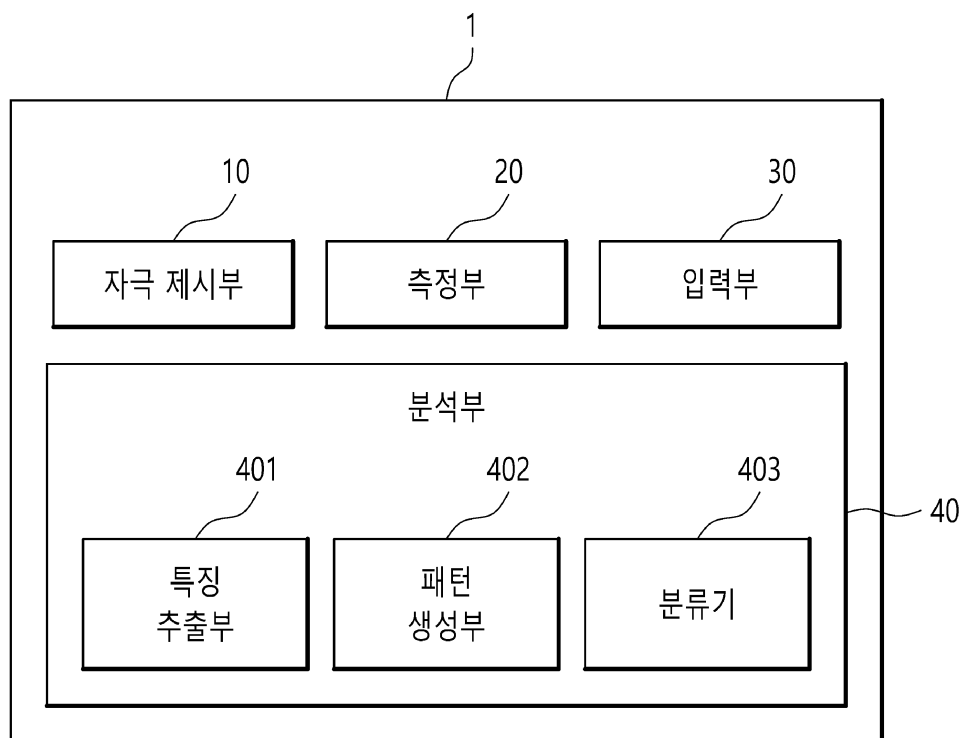
(54) 발명의 명칭 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치, 뇌파 신호 처리 방법 및 이를 위한 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치는, 표준 자극 및 목표 자극을 포함하는 청각 자극 신호를 출력하도록 구성된 자극 제시부; 휴식 상태(resting state) 또는 상기 청각 자극 신호를 듣는 정보 처리 상태의 피검자의 뇌파 신호를 측정하도록 구성된 측정부; 및 측정된 상기 뇌파 신호의 하나 이상의 특징을 추출하고, 상기 하나 이상의 특

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



정을 이용한 다변량 패턴 인식(Multivariate Pattern Analysis; MVPA)에 의하여 상기 뇌파 신호를 분류함으로써 피검자의 이명 증상 유무를 결정하도록 구성된 분석부를 포함할 수 있다. 상기 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치를 이용하면, 이명의 원인에 따라, 환자의 청각 중추의 하향식(top-down) 정보 처리 이상에 기인한 접근 방법과 환자의 청각 말초 신경의 상향식(bottom-up) 정보 처리 이상에 기인한 접근 방법, 혹은 휴식 상태 중 어느 것을 통해서도 짧은 시간에 뇌파의 측정만으로 정확한 이명의 진단 및/또는 예측이 가능하고, MVPA 기술을 시간축, 주파수축, 사건 유발 전위(Event-Related Potential; ERP), 시간-주파수맵(Time-Frequency Map) 또는 교차 주파수 동조(Cross-Frequency Coupling; CFC) 등 다양한 방법에 적용하여 이명 환자를 판별함으로써 뇌파 신호를 숙련된 실험자가 관독하지 않아도 빠르고 정확한 진단이 가능하다.

(52) CPC특허분류

A61B 5/38 (2021.01)
A61B 5/4884 (2013.01)
A61B 5/7264 (2013.01)
A61B 5/7275 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129979
과제번호	2020M3C1B8081319
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	휴먼플러스융합연구개발챌린지사업(R&D)
연구과제명	비침습적 뇌자극-뇌파 동조 기반 뇌기능 증강연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125753
과제번호	2016-0-00464-006
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	지능의 추적·확장·고정밀화를 위한 지능정보처리 SW 핵심기술 개발 및 글로벌 인
력양성	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

표준 자극 및 목표 자극을 포함하는 청각 자극 신호를 출력하도록 구성된 자극 제시부;

휴식 상태 또는 상기 청각 자극 신호를 듣는 정보 처리 상태의 피검자의 뇌파 신호를 측정하도록 구성된 측정부; 및

측정된 상기 뇌파 신호의 하나 이상의 특징을 추출하고, 상기 하나 이상의 특징을 이용한 다변량 패턴 인식에 의하여 상기 뇌파 신호를 분류함으로써 피검자의 이명 증상 유무를 결정하도록 구성된 분석부를 포함하는 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 자극 제시부는, 제1 주파수를 갖는 표준 자극 및 상기 제1 주파수와 상이한 제2 주파수를 갖는 목표 자극을 무작위로 혼합하여 상기 청각 자극 신호를 생성하도록 더 구성된 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분석부는,

상기 뇌파 신호를 이용하여 상기 하나 이상의 특징에 상응하는 패턴 벡터를 생성하도록 구성된 특징 추출부;

피검자의 증상에 상응하는 복수 개의 상기 패턴 벡터를 이용하여 학습 세트 및 평가 세트를 포함하는 패턴 신호를 생성하도록 구성된 패턴 생성부; 및

상기 패턴 신호의 상기 학습 세트를 이용한 학습을 수행하고, 상기 평가 세트를 이용하여 학습 결과를 평가함으로써 피검자의 증상을 결정하도록 구성된 분류기를 포함하는 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 패턴 벡터는, 시간축 분석 방법, 주파수축 분석 방법, 시간-주파수맵 분석 방법, 사건 유발 전위 분석 방법, 또는 교차 주파수 동조 분석 방법 중 하나 이상의 방법에 의하여 추출된 특징값들을 포함하는 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 패턴 생성부는, 복수 개의 상기 뇌파 신호로부터 생성된 상기 패턴 벡터들의 평균값을 이용하여 상기 패턴 신호를 생성하도록 더 구성된 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 청각 자극 신호를 듣는 피검자가 상기 자극 신호에 대한 응답으로 입력한 입력 신호를 수신하도록 구성된 입력부를 더 포함하는 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치.

청구항 7

신호 처리 장치가, 휴식 상태 또는 표준 자극 및 목표 자극을 포함하는 청각 자극 신호를 듣는 정보 처리 상태의 피검자의 뇌파 신호를 측정하는 단계;

상기 신호 처리 장치가 측정된 상기 뇌파 신호의 하나 이상의 특징을 추출하는 단계; 및

상기 신호 처리 장치가 피검자의 이명 증상 유무를 결정하기 위하여 상기 하나 이상의 특징을 이용한 다변량 패턴 인식에 의하여 상기 뇌파 신호를 분류하는 단계를 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 뇌파 신호를 측정하는 단계 전에, 상기 신호 처리 장치가 상기 청각 자극 신호를 출력하는 단계를 더 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 청각 자극 신호를 출력하는 단계는, 상기 신호 처리 장치가, 제1 주파수를 갖는 표준 자극 및 상기 제1 주파수와 상이한 제2 주파수를 갖는 목표 자극을 무작위로 혼합하여 상기 청각 자극 신호를 생성하는 단계를 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 뇌파 신호를 분류하는 단계는,

상기 신호 처리 장치가, 상기 뇌파 신호를 이용하여 상기 하나 이상의 특징에 상응하는 패턴 벡터를 생성하는 단계;

상기 신호 처리 장치가, 피검자의 증상에 상응하는 복수 개의 상기 패턴 벡터를 이용하여 학습 세트 및 평가 세트를 포함하는 패턴 신호를 생성하는 단계;

상기 신호 처리 장치가, 상기 패턴 신호의 상기 학습 세트를 이용하여 분류기의 학습을 수행하는 단계; 및

상기 신호 처리 장치가, 상기 분류기의 학습 결과를 이용하여 피검자의 증상을 결정하는 단계를 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 패턴 벡터는, 시간축 분석 방법, 주파수축 분석 방법, 시간-주파수맵 분석 방법, 사건 유발 전위 분석 방법, 또는 교차 주파수 동조 분석 방법 중 하나 이상의 방법에 의하여 추출된 특징값들을 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 패턴 신호를 생성하는 단계는, 상기 신호 처리 장치가, 복수 개의 상기 뇌파 신호로부터 생성된 상기 패턴 벡터들의 평균값을 이용하여 상기 패턴 신호를 생성하는 단계를 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 신호 처리 장치가, 상기 청각 자극 신호를 듣는 피검자가 상기 자극 신호에 대한 응답으로 입력한 입력 신호를 수신하는 단계를 더 포함하는 뇌파 신호 처리 방법.

청구항 14

하드웨어와 결합되어 제7항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 뇌파 신호 처리 방법을 실행하도록 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 실시예들은 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치와 뇌파 신호 처리 방법 및 이를 위한 컴퓨터 프로그램에 대한 것이다. 보다 자세하게는, 실시예들은 휴식 상태(resting state)나 상향식(bottom-up) 정보처리 혹은 하향식(top-down) 정보처리 패러다임 과제 수행 중의 뇌파 신호를 측정하여, 다변량 패턴 인식(Multivariate Pattern Analysis; MVPA) 기술을 이용하여 상태 차이가 나는 뇌파의 활성화 패턴과 시점을 판별함으로써 정상인 대비 이명 환자의 뇌파 특징을 분석하는 기술에 대한 것이다.

배경 기술

- [0002] 이명은 외부로부터 소리 자극이 없음에도 귀속 또는 머릿속에서 소리를 느끼는 증상을 말한다. 미국의 경우 25.3%의 성인이 이명을 경험해 보았으며, 7.9%는 이명을 자주 경험하는 것으로 알려져 있을 정도로 이명은 발생 빈도가 높은 질환이다. 특히, 최근에는 이어폰을 끼고 생활하는 환경이 늘어남에 따라 고주파 청각 신호에 이명 질환을 앓게 되는 인구 비율은 전세계적으로 증가할 것으로 예측되고 있다.
- [0003] 한편, 뇌파 신호 처리 기술의 발전과 함께 다양한 종류의 질환들을 뇌파를 이용하여 진단 및 예측하기 위한 기술들이 개발되고 있다. 이 중 뇌파 신호 처리를 이명에 적용한 예로, 국제공개공보 W02012/121450호는 뇌파를 이용한 이명 유무 검사 장치 및 이를 이용한 이명 유무 검사 방법을 개시한다.
- [0004] 그러나, 국제공개공보 W02012/121450호에 개시된 종래 기술은 자극음에 따른 피검자의 청성 유발 반응(Auditory Evoked Potential; AEP) 뇌파를 획득하고 뇌파의 시간축 분석 성분만을 분석하여 이명을 진단하는 단변량(univariate) 방식의 진단 방법에 대한 것이므로, 뇌파의 노이즈에 매우 취약한 단점을 갖는다. 또한, 상기 종래 기술은 이미 발생된 이명을 진단하는 것에 그칠 뿐 이명이 발병하기 전에 이를 예측할 수 없는 한계를 갖는다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 국제공개공보 W02012/121450호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 뇌파 측정만을 이용해 이명 환자를 높은 인식률로 진단할 수 있으며, 다변량 패턴 인식(Multivariate Pattern Analysis; MVPA) 기술을 이용하여 상태 차이가 나는 뇌파의 활성화 패턴과 시점을 판별함으로써 정상인 대비 판별할 수 있는 이명 환자의 뇌파 신호 특징을 추출하고 이명 발생을 효과적으로 예측할 수 있는 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치와 뇌파 신호 처리 방법 및 이를 위한 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다.
- [0007] 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

- [0008] 본 발명의 일 측면에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치는, 표준 자극 및 목표 자극을 포함하는 청각 자극 신호를 출력하도록 구성된 자극 제시부; 휴식 상태 또는 상기 청각 자극 신호를 듣는 정보 처리 상태의 피검자의 뇌파 신호를 측정하도록 구성된 측정부; 및 측정된 상기 뇌파 신호의 하나 이상의 특징을 추출하고, 상기 하나 이상의 특징을 이용한 다변량 패턴 인식에 의하여 상기 뇌파 신호를 분류함으로써 피검자의 이명 증상 유무를 결정하도록 구성된 분석부를 포함한다.
- [0009] 일 실시예에서, 상기 자극 제시부는, 제1 주파수를 갖는 표준 자극 및 상기 제1 주파수와 상이한 제2 주파수를 갖는 목표 자극을 무작위로 혼합하여 상기 청각 자극 신호를 생성하도록 더 구성된다.
- [0010] 일 실시예에서, 상기 분석부는, 상기 뇌파 신호를 이용하여 상기 하나 이상의 특징에 상응하는 패턴 벡터를 생성하도록 구성된 특징 추출부; 피검자의 증상에 상응하는 복수 개의 상기 패턴 벡터를 이용하여 학습 세트(training set) 및 평가 세트(testing set)를 포함하는 패턴 신호를 생성하도록 구성된 패턴 생성부; 및 상기 패턴 신호의 상기 학습 세트를 이용한 학습을 수행하고, 상기 평가 세트를 이용하여 학습 결과를 평가함으로써 피검자의 증상을 결정하도록 구성된 분류기(classifier)를 포함한다.
- [0011] 일 실시예에서, 상기 패턴 벡터는, 시간축 분석 방법, 주파수축 분석 방법, 시간-주파수맵(Time-Frequency Map) 분석 방법, 사건 유발 전위(Event-Related Potential; ERP) 분석 방법, 또는 교차 주파수 동조(Cross-Frequency Coupling; CFC) 분석 방법 중 하나 이상의 방법에 의하여 추출된 특징값들을 포함한다.
- [0012] 일 실시예에서, 상기 패턴 생성부는, 복수 개의 상기 뇌파 신호로부터 생성된 상기 패턴 벡터들의 평균값을 이용하여 상기 패턴 신호를 생성하도록 더 구성된다.
- [0013] 일 실시예에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치는, 상기 청각 자극 신호를 듣는 피검자가 상기 자극 신호에 대한 응답으로 입력한 입력 신호를 수신하도록 구성된 입력부를 더 포함한다.
- [0014] 본 발명의 일 측면에 따른 뇌파 신호 처리 방법은, 신호 처리 장치가, 휴식 상태 또는 표준 자극 및 목표 자극을 포함하는 청각 자극 신호를 듣는 정보 처리 상태의 피검자의 뇌파 신호를 측정하는 단계; 상기 신호 처리 장치가 측정된 상기 뇌파 신호의 하나 이상의 특징을 추출하는 단계; 및 상기 신호 처리 장치가 피검자의 이명 증상 유무를 결정하기 위하여 상기 하나 이상의 특징을 이용한 다변량 패턴 인식에 의하여 상기 뇌파 신호를 분류하는 단계를 포함한다.
- [0015] 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법은, 상기 뇌파 신호를 측정하는 단계 전에, 상기 신호 처리 장치가 상기 청각 자극 신호를 출력하는 단계를 더 포함한다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 청각 자극 신호를 출력하는 단계는, 상기 신호 처리 장치가, 제1 주파수를 갖는 표준 자극 및 상기 제1 주파수와 상이한 제2 주파수를 갖는 목표 자극을 무작위로 혼합하여 상기 청각 자극 신호를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0017] 일 실시예에서, 상기 뇌파 신호를 분류하는 단계는, 상기 신호 처리 장치가, 상기 뇌파 신호를 이용하여 상기 하나 이상의 특징에 상응하는 패턴 벡터를 생성하는 단계; 상기 신호 처리 장치가, 피검자의 증상에 상응하는 복수 개의 상기 패턴 벡터를 이용하여 학습 세트 및 평가 세트를 포함하는 패턴 신호를 생성하는 단계; 상기 신호 처리 장치가, 상기 패턴 신호의 상기 학습 세트를 이용하여 분류기의 학습을 수행하는 단계; 및 상기 신호

처리 장치가, 상기 분류기의 학습 결과를 이용하여 피검자의 증상을 결정하는 단계를 포함한다.

- [0018] 일 실시예에서, 상기 패턴 신호를 생성하는 단계는, 상기 신호 처리 장치가, 복수 개의 상기 뇌파 신호로부터 생성된 상기 패턴 벡터들의 평균값을 이용하여 상기 패턴 신호를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0019] 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법은, 상기 신호 처리 장치가, 상기 청각 자극 신호를 듣는 피검자가 상기 자극 신호에 대한 응답으로 입력한 입력 신호를 수신하는 단계를 더 포함한다.
- [0020] 본 발명의 일 측면에 따른 컴퓨터 프로그램은 하드웨어와 결합되어 전술한 실시예들에 따른 뇌파 신호 처리 방법을 실행하기 위한 것으로서 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 저장된 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 일 측면에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치와 뇌파 신호 처리 방법에 의하면, 이명의 원인에 따라, 환자의 청각 중추의 하향식(top-down) 정보 처리 이상에 기인한 접근 방법과 환자의 청각 말초 신경의 상향식(bottom-up) 정보 처리 이상에 기인한 접근 방법, 혹은 휴식 상태(resting state) 중 어느 것을 통해서도 짧은 시간에 뇌파의 측정만으로 정확한 이명의 진단과 예측이 가능한 이점이 있다.
- [0022] 본 발명의 일 측면에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치와 뇌파 신호 처리 방법은 인지 신경 과학과 뇌공학 융합시킨 기술을 이용하는 것으로, 다변량 패턴 인식(Multivariate Pattern Analysis; MVPA) 기술을 시간축, 주파수축, 시간-주파수맵(Time-Frequency Map), 사건 유발 전위(Event-Related Potential; ERP) 및 교차주파수 동조(Cross-Frequency Coupling; CFC) 등 다양한 방법에 적용하여 이명 환자를 판별함으로써 숙련된 실험자가 뇌파 신호를 판독하지 않더라도 정확한 진단이 가능한 이점이 있다.
- [0023] 본 발명의 일 측면에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치와 뇌파 신호 처리 방법을 이용하면, 이명의 진단 및 예측을 통해 환자의 발병 전에 치료 성공률을 높이고, 이어폰 사용 등으로 인해 이명 질환을 앓는 인구 비율이 증가할 것으로 예측되는 환경에서 사회 생산성 증대 및 의료 비용 감소에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.
- [0024] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 일 실시예에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치의 개략적인 블록도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치를 이용한 검사 환경을 나타내는 개념도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법의 각 단계를 나타내는 순서도이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의해 인가되는 청각 자극 신호를 나타내는 개념도이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의한 뇌파 신호의 분석 과정을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 6a 및 6b는 각각 하향식 정보 처리 검사용 오드볼 과제(oddball task)와 상향식 정보 처리 검사용 수동 과제(passive task)에 대한 피검자의 응답을 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의해 분석한 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 7a 및 7b는 각각 목표 자극(target stimulus)과 표준 자극(standard stimulus)에 대한 피검자의 응답을 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의해 분석한 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하에서, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대하여 상세히 살펴본다.
- [0027] 도 1은 일 실시예에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치의 개략적인 블록도이다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)는 자극 제시부(10), 측정부(20) 및 분석부(40)를 포함한다. 일 실시예에서, 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)는 피검자의 입력을 수신하기 위한 입력부(30)를 포함한다. 또한 일 실시예에서, 분석부(40)는 특징(feature) 추출부(401), 패턴 생성부(402) 및 분류기(classifier)(403)를 포함한다.
- [0029] 본 명세서에 기재된 장치는 전적으로 하드웨어이거나, 또는 부분적으로 하드웨어이고 부분적으로 소프트웨어인

측면을 가질 수 있다. 예컨대, 본 명세서의 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)와 이에 포함된 각 부(unit)(10, 20, 30, 40)는 특정 형식 및 내용의 데이터를 처리하거나 또는/또한 전자통신 방식으로 주고받기 위한 하드웨어 및 이에 관련된 소프트웨어를 통칭할 수 있다. 본 명세서에서 "부", "모듈", "장치", "단말기", "서버" 또는 "시스템" 등의 용어는 하드웨어 및 해당 하드웨어에 의해 구동되는 소프트웨어의 조합을 지칭하는 것으로 의도된다. 예를 들어, 하드웨어는 CPU 또는 다른 프로세서(processor)를 포함하는 데이터 처리 기기일 수 있다. 또한, 하드웨어에 의해 구동되는 소프트웨어는 실행중인 프로세스, 객체(object), 실행파일(executable), 실행 스레드(thread of execution), 프로그램(program) 등을 지칭할 수 있다.

[0030] 또한, 본 실시예에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)를 구성하는 각각의 요소는 반드시 서로 물리적으로 구분되는 별개의 장치를 지칭하는 것으로 의도되지 않는다. 즉, 도 1의 자극 제시부(10), 측정부(20), 입력부(30) 및 분석부(40) 등은 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)를 구성하는 하드웨어를 해당 하드웨어에 의해 수행되는 동작에 따라 기능적으로 구분한 것일 뿐, 반드시 각각의 부가 서로 독립적으로 구비되어야 하는 것이 아니다. 물론, 실시예에 따라서는 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)의 각 부 중 하나 이상이 서로 물리적으로 구분되는 별개의 장치로 구현되는 것도 가능하다.

[0031] 자극 제시부(10)는 표준 자극(standard stimulus) 및 목표 자극(target stimulus)을 포함하는 청각 자극 신호를 출력하도록 구성된다. 이를 위하여, 자극 제시부(10)는 소리를 재생하기 위한 스피커 등의 장치를 포함할 수 있다. 표준 자극과 목표 자극은 서로 상이한 주파수를 가질 수 있으며, 이에 대해서는 상세히 후술한다. 또한, 자극 제시부(10)는 청각 자극과 더불어 제공되는 이미지 또는 영상을 재생하기 위한 디스플레이 장치를 포함할 수 있다.

[0032] 측정부(20)는 자극 제시부(10)에 의하여 재생되는 청각 자극 신호를 듣는 피검자의 뇌파 신호를 측정하도록 구성된다. 이를 위하여, 측정부(20)는 피검자의 머리 부분에 착용하거나 머리 부분과 인접하여 고정할 수 있도록 배치되는 하나 이상의 센서를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 뇌파 신호란, 임의의 뇌영상 방법에 의하여 뇌로부터 측정되는 정보를 포함한다. 일 실시예로, 뇌파 신호는 피검자의 머리 표면에 부착된 장치를 이용하여 피침습적으로 측정되는 EEG (Electroencephalogram) 신호를 의미할 수 있다.

[0033] 분석부(40)는 측정부(20)가 측정한 뇌파 신호로부터 하나 이상의 특징을 추출하고, 하나 이상의 특징을 이용한 다변량 패턴 인식(Multivariate Pattern Analysis; MVPA)을 통하여 뇌파 신호를 분석할 수 있다. 이를 위하여, 분석부(40)는 뇌파 신호로부터 패턴 벡터를 추출하기 위한 특징 추출부(401) 및 패턴 벡터들을 이용하여 패턴 신호를 생성하기 위한 패턴 생성부(402)를 포함할 수 있다. 또한, 분석부(40)는 패턴 신호의 패턴 벡터들 중 일부를 학습 세트(training set)로 이용하고 다른 일부를 평가 세트(testing set)로 이용하여 분류기(403)를 학습 시킴으로써 뇌파 신호를 분석할 수 있다.

[0034] 분석부(40)는 뇌파 신호에 대한 분류기(403)의 분류 결과를 기반으로 피검자의 이명 증상 유무를 결정할 수 있다. 예컨대, 분석부(40)는 학습 세트에 해당하는 패턴 벡터들을 이용한 학습 결과를 이용하여 평가 세트에 해당하는 패턴 벡터를 분류할 수 있고, 이는 평가 세트에 상응하는 피검자의 이명 증상 유무를 결정하는 것을 의미한다. 분석부(40)에 의한 뇌파 신호의 분석 과정에 대해서는 도 5를 참조하여 상세히 후술한다.

[0035] 도 2는 일 실시예에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치를 이용한 검사 환경을 나타내는 개념도이다.

[0036] 도 2를 참조하면, 피검자(2)는 뇌파 측정용 센서 장치가 포함된 측정부(20)를 머리에 착용한 상태에서 자극 제시부(10)를 통해 재생되는 청각 자극 신호를 들을 수 있다. 또는, 자극 제시부(10)는 피검자(2)의 양 귀에 착용하는 이어폰과 같은 소리 재생 수단을 포함할 수도 있다. 피검자(2)가 청각 자극 신호를 듣는 동안 피검자(2)의 뇌파 신호가 측정부(20)에 의하여 측정된다. 그러나 도 2에 도시된 각 장치의 형태는 설명의 편의를 위한 예시적인 것으로서, 실시예들에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치의 구성을 한정하는 것이 아니라는 점이 용이하게 이해될 것이다.

[0037] 실시예들에서, 피검자(2)에게 제공되는 청각 자극 신호는 오드볼 과제(oddball task)와 수동 과제(passive task)로 구분될 수 있다. 오드볼 과제에서 피검자(2)는 표준 자극과 목표 자극을 구별하여야 하고, 표준 자극들로부터 목표 자극을 구별한 상황을 입력부(30)의 버튼 누르기 등을 통해서 제공하여야 한다. 반면, 수동 과제는 단순 듣기 과제에 해당하는 것으로서 피검자(2)는 제공되는 청각 자극을 수동적으로 듣기만 하면 된다.

[0038] 도 3은 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법의 각 단계를 나타내는 순서도이다.

[0039] 실시예들에 따른 뇌파 신호 처리 방법은, 뇌파 신호의 처리를 위한 연산을 수행하기 위한 하나 이상의 프로그램 명령어가 저장되는 메모리(memory) 및 상기 메모리에 저장되는 명령어들을 실행하기 위한 프로세서(processor)

를 구비한 컴퓨팅(computing) 장치에 의하여 수행될 수 있으며, 본 명세서에서 이러한 장치는 신호 처리 장치로 지칭된다. 도 1을 참조하여 전술한 실시예들에 따른 뇌파 기반 이명 진단 및 예측 장치(1)가 신호 처리 장치의 일 예에 해당될 수 있다.

- [0040] 도 3을 참조하면, 피검자의 이명 증상 여부를 진단하기 위하여 먼저 피검자에게 제공되기 위한 청각 자극 신호를 생성하고, 이를 피검자가 들을 수 있도록 출력할 수 있다(S1).
- [0041] 도 4는 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의해 인가되는 청각 자극 신호를 나타내는 개념도이다. 도 4를 참조하면, 청각 자극 신호는 표준 자극(S)과 목표 자극(T)이라는 두 가지 소리 자극이 혼합되어 구성될 수 있다. 예를 들어, 표준 자극(S)과 목표 자극(T)을 미리 설정된 자극간 간격(inter-stimulus interval)(d)을 갖도록 배치할 수 있다. 이때 자극간 간격(d)은 예를 들어 1300 내지 1700 ms일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 일 실시예에서 표준 자극(S)과 목표 자극(T)의 발생 빈도는 표준 자극(S)의 발생 빈도가 더 높도록 설정할 수 있다. 예를 들어, 표준 자극(S)은 80%의 발생 빈도로 제시되며 목표 자극(T)은 20%의 발생 빈도로 제시될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0042] 표준 자극(S)과 목표 자극(T)은, 피검자가 목표 자극(T)을 구별하는 응답을 통하여 이명 발병 여부를 진단하거나 또는/또한 이명의 발생 가능성을 예측하기 위한 것으로서, 각 자극은 서로 상이한 주파수를 갖는다. 예를 들어, 일 실시예에서 표준 자극(S)은 500Hz의 주파수를 갖는 소리 신호일 수 있다. 또한 일 실시예에서, 목표 자극(T)은 건강한 피검자의 경우 8kHz의 주파수를 가지며, 이명 증상을 가진 피검자의 경우 해당 피검자의 개별 이명 피치(pitch)와 일치하는 주파수를 가진 소리 신호일 수 있다.
- [0043] 다시 도 3을 참조하면, 전술한 것과 같은 청각 자극 신호를 피검자에게 들려주면서 피검자의 뇌파 신호를 측정할 수 있다(S2). 하향식(top-down) 정보 처리 접근 방법에 해당하는 오드볼 과제(Oddball task)의 경우, 피검자는 표준 자극들로부터 목표 자극을 구별하였을 경우 버튼 등을 통하여 응답을 제공하도록 할 수 있다. 한편, 상향식(bottom-up) 정보 처리 접근 방법에 해당하는 수동 과제의 경우 피검자는 특별한 응답 없이 제공되는 이미지 또는 영상 등을 시청하면서 청각 자극 신호를 듣도록 할 수 있다. 이때 이미지 또는 영상은 청각 자극 신호로부터 피검자의 주의를 시각 자극 신호로 돌리기 위한 것으로서 소리가 없는 것일 수 있다.
- [0044] 추가하여, 일 실시예에서 휴식 상태(resting state)에서의 뇌파 신호도 이명 진단 및 예측의 정보로 사용될 수 있다. 본 실시예의 경우 청각 자극 신호를 단속적으로 피검자에게 들려주되 청각 자극 신호가 없는 구간에서 피검자의 뇌파 신호를 측정하거나, 또는 청각 자극 신호를 제시하는 단계(S1)를 생략하고 청각 자극 신호의 제시 없이 피검자의 뇌파 신호를 측정할 수도 있다.
- [0045] 실시예들에 따른 뇌파 신호 처리 방법에서는, 전술한 것과 같이 측정된 피검자의 뇌파 신호에서 시간축 분석 방법, 주파수축 분석 방법, 시간-주파수맵(Time-Frequency Map) 분석 방법, 사건 유발 전위(Event-Related Potential; ERP) 분석 방법, 또는 교차 주파수 동조(Cross-Frequency Coupling; CFC) 분석 방법 등 다양한 방식으로 특징을 추출하여 정상 상태와 이명 상태를 구분 가능한 시점과 활성화 패턴을 도출할 수 있다. 또한, 측정된 뇌파의 모든 시점마다 분류기를 이용하여 정상 상태와 이명 상태를 구분하여 모든 시점에 대한 정확도를 도출할 수 있다.
- [0046] 예를 들어, 실시예들에 따른 뇌파 신호 처리 방법을 이용하면, 이명의 원인에 따라, 환자의 청각 중추의 하향식(top-down) 정보 처리 이상에 기인한 접근 방법, 또는 환자의 청각 말초 신경의 상향식(bottom-up) 정보 처리 이상에 기인한 접근 방법을 사용하여, 피검자의 정보 처리 상태에서의 뇌파 신호를 이용하여 정상 상태와 이명 상태를 구분할 수 있다. 또한, 일 실시예에서는 피검자의 휴식 상태(resting state)에서의 뇌파 신호로부터 추출된 특징을 이용한 교차 주파수 동조(CFC) 분석에 의하여 정상 상태와 이명 상태를 구분할 수도 있다.
- [0047] 도 5는 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의한 뇌파 신호의 분석 과정을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0048] 도 3 및 도 5를 참조하면, 먼저 피검자의 머리 부분에 부착된 전극 등을 이용하여 뇌파 신호의 실시예로서 피검자의 EEG 신호(501)를 시간에 따라 측정하고, 뇌파 신호로부터 상태 분류를 위한 특징을 추출할 수 있다(S3). 이때 각각의 특징값은 뇌파 신호를 다양한 방식으로 분석하여 얻어지는 것으로서, 시간축, 주파수축, 시간-주파수맵(Time-Frequency Map), 사건 유발 전위(ERP) 및 교차 주파수 동조(CFC) 등의 방법으로 추출되는 것일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0049] 추출된 특징값들은 패턴 벡터(511, ..., 51N)로 조합될 수 있다(S4). 즉, 각각의 패턴 벡터(511, ..., 51N)는 특징값에 해당하는 복수 개의 성분들을 가지는 벡터이다. 또한, 각각의 패턴 벡터(511, ..., 51N)에 포함된 성분들, 즉, 특징값들은 다변량 패턴 인식(MVPA)에 기반한 분석을 위하여 동일한 뇌파 신호로부터 서로 상이한 방

법에 의하여 추출된 값들일 수 있다. 즉, 원본 뇌파 신호로부터 다양한 방법론에 의하여 추출된 특징값들이 해당 뇌파 신호에 상응하는 패턴 벡터(511, ..., 51N)를 구성할 수 있다. 또한, 복수 회의 측정을 통하여 복수 회의 반복 시행에 각각 대응되는 복수 개의 패턴 벡터(511, ..., 51N)를 얻을 수 있다.

[0050] 다음으로, 패턴에 대한 분류를 위하여 패턴 벡터(511, ..., 51N)를 이용하여 패턴 신호(521, 522)를 구성할 수 있다(S5). 이때 각각의 패턴 신호(521, 522)는 서로 상이한 증상(예컨대, 서로 상이한 피검자)에 상응하는 것이며, 각각 학습 세트에 해당하는 패턴 벡터 및 평가 세트에 해당하는 패턴 벡터를 포함한다.

[0051] 일 실시예에서, 연산 부하를 줄이고 신호 대 잡음비를 높이기 위하여 패턴 벡터(511, ..., 51N)를 일정한 개수의 그룹으로 군집화되어 각 그룹 내의 패턴 벡터들의 평균값으로 산출된 평균화된 패턴 벡터들로 변환될 수 있다. 분류기는 평균화된 패턴 벡터들을 이용하여 학습될 수 있으며, 이때 패턴 벡터들 중 일정 비율의 패턴 벡터들은 학습 세트에 할당하고 나머지 패턴 벡터들은 학습 결과를 평가하기 위한 평가 세트에 할당할 수 있다. 예를 들어, k개의 평균화된 패턴 벡터들 중 k-n 개의 패턴 벡터는 학습 세트에 할당하고, 나머지 n개의 패턴 벡터는 평가 세트에 할당하여 패턴 신호(521, 522)를 구성할 수 있다(k 및 n은 임의의 자연수).

[0052] 다음으로, 이상과 같이 생성된 패턴 신호(521, 522)를 분류기를 이용하여 분류함으로써 뇌파 신호를 분류할 수 있다(S6). 일 실시예에서, 분류기로는 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine; SVM) 기반의 분류기가 이용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 분류기는 패턴 신호(521, 522) 중 학습 세트에 해당되는 패턴 벡터들을 이용한 머신러닝(machine learning)이나 인공지능 기법을 통하여 정상인과 이명 환자를 분류하는 분석 모델에 관련된 파라미터들에 대한 학습을 수행할 수 있다.

[0053] 패턴 벡터들에 대한 분류 결과는, 해당 패턴 벡터에 상응하는 뇌파 신호, 나아가, 해당 뇌파 신호를 제공한 피검자에 대한 분류 결과를 의미한다. 따라서, 패턴 벡터에 대한 분류를 통하여 피검자의 이명 증상 유무나 이명의 발생 가능성을 판단하기 위한 증상 분류를 수행할 수 있다. 예를 들어, 뇌파 신호에서 이명에 해당하는 특징이 추출된 시점과 이명에 해당하는 특징 패턴(즉, 활성화 패턴)을 결정할 수 있다(S7).

[0054] 일 실시예에서는, 뇌파 신호의 모든 시점에서 추출된 특징 벡터를 이용하여 피검자의 응답의 정확도를 나타낸 디코딩(decoding) 신호(530)를 생성하여, 모든 시점마다 분류기를 이용하여 정상 상태와 이명 증상 상태를 구분함으로써 증상 분류의 정확도를 더욱 높일 수도 있다.

[0055] 도 6a 및 6b는 각각 오드볼 과제와 수동 과제에 대한 피검자의 뇌파 기반 분류 정확도를 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의해 분석한 결과를 나타내는 그래프로서, 뇌파의 시간축 분석 방법인 사건 유발 전위(ERP) 분석을 통하여 피검자의 응답을 시간별 디코딩 정확도로 나타낸 것이다. 또한, 도 7a 및 7b는 각각 목표 자극과 표준 자극에 대한 피검자의 뇌파 기반 분류 정확도를 일 실시예에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의해 분석한 결과를 나타내는 그래프로서, 도 6a 및 6b와 마찬가지로 사건 유발 전위(ERP) 분석을 통하여 피검자의 상이한 자극 종류에 따른 해당 자극의 분류 정확도를 시간별로 나타낸 것이다.

[0056] 도시되는 바와 같이, 이명 환자 그룹이 정상인 대조군과 비교하여 분류 정확도에 있어서 통계적으로 유의미한 차이를 갖는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, 오드볼 과제에서 정상인 그룹과 이명 환자 그룹은 모두 목표 자극을 구분할 수 있었으나 이명 환자의 경우 자극 후 180 내지 680 ms의 시간 구간 동안 대조군에 비해 감소된 구별 정확도를 나타내어 청각의 이상 증상을 확인할 수 있었다. 또한, 오드볼 과제와 수동 과제에서 표준 자극에 대한 반응의 경우에도 자극 후 180 내지 610 ms의 시간 구간에서 이명 환자 그룹이 대조군에 비해 낮은 디코딩 정확도를 나타내었다. 또한, 도 6a, 6b, 7a 및 7b에서 각각의 그래프 위에 표시된 막대(601, 602, 701, 702)는 통계적 방법에 의하여 얻어진 분류 정확도의 신뢰 구간을 의미한다.

[0057] 이상과 같은 분석을 통하여, 정상 상태와 이명 상태를 구분가능한 시점과 이명 상태를 진단 및/또는 예측할 수 있는 활성화 패턴을 뇌파 신호로부터 찾아낼 수 있다.

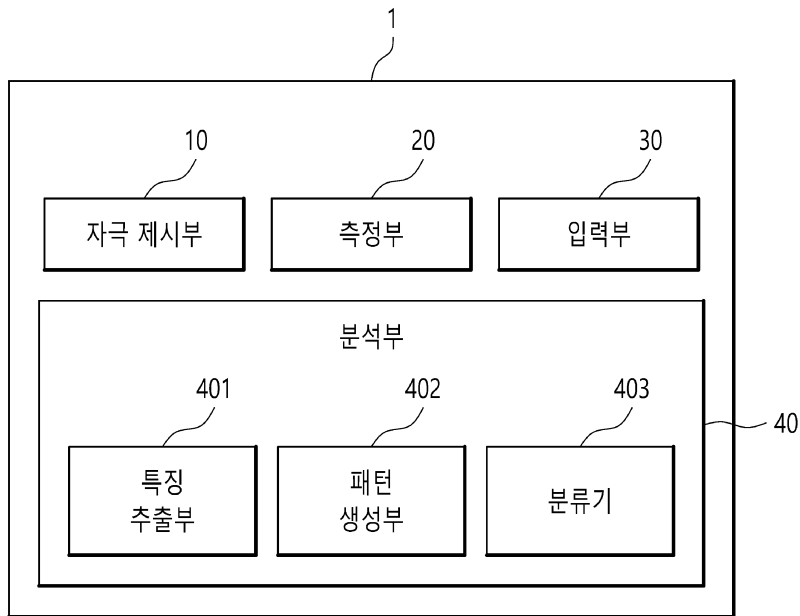
[0058] 이상에서 설명한 실시예들에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의한 동작은 적어도 부분적으로 컴퓨터 프로그램으로 구현되고 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있다. 실시예들에 따른 뇌파 신호 처리 방법에 의한 동작을 구현하기 위한 프로그램이 기록되고 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 또한, 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트(segment)들은 본 실시예가 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 용이하게 이해될 수 있을 것이다.

[0059]

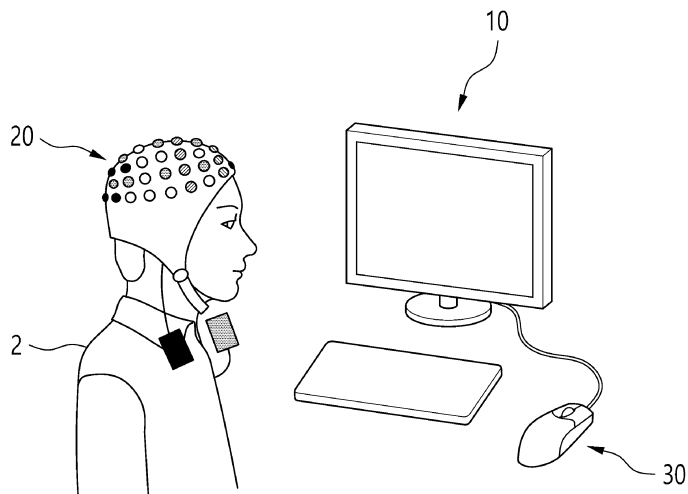
이상에서 살펴본 본 발명은 도면에 도시된 실시예들을 참고로 하여 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 실시예의 변형이 가능하다는 점을 이해할 것이다. 그러나, 이와 같은 변형은 본 발명의 기술적 보호범위 내에 있다고 보아야 한다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해서 정해져야 할 것이다.

도면

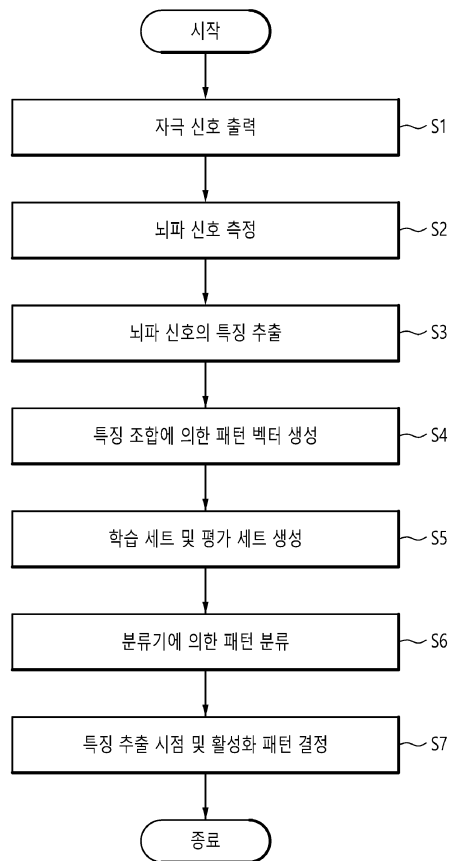
도면1



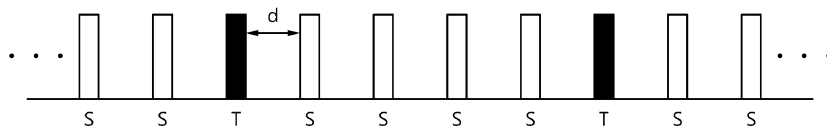
도면2



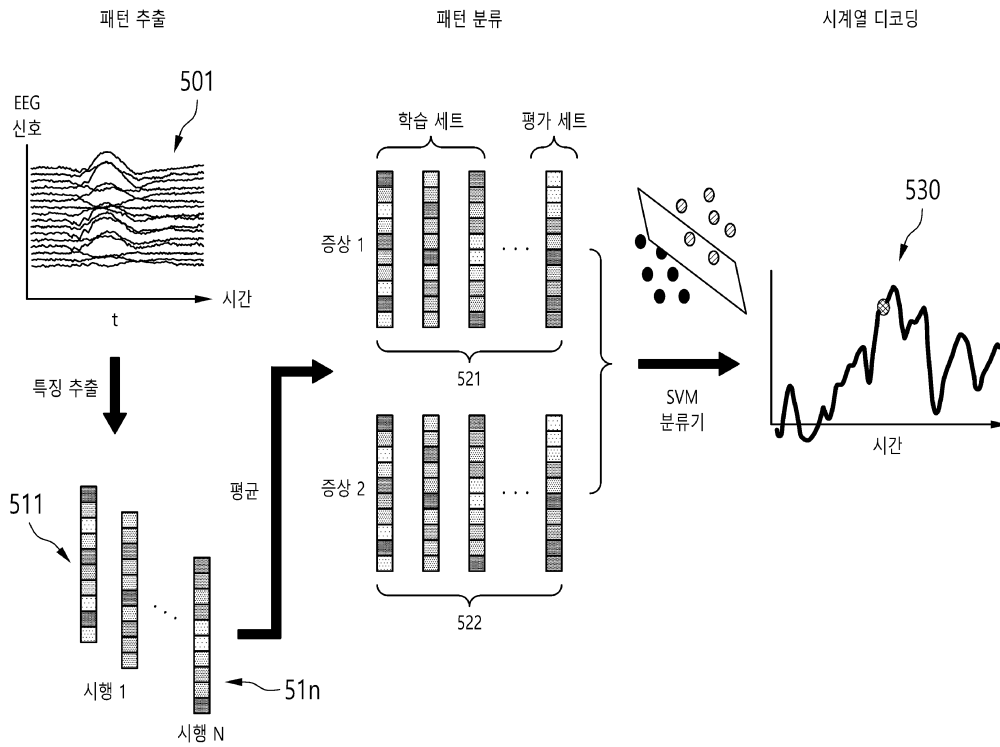
도면3



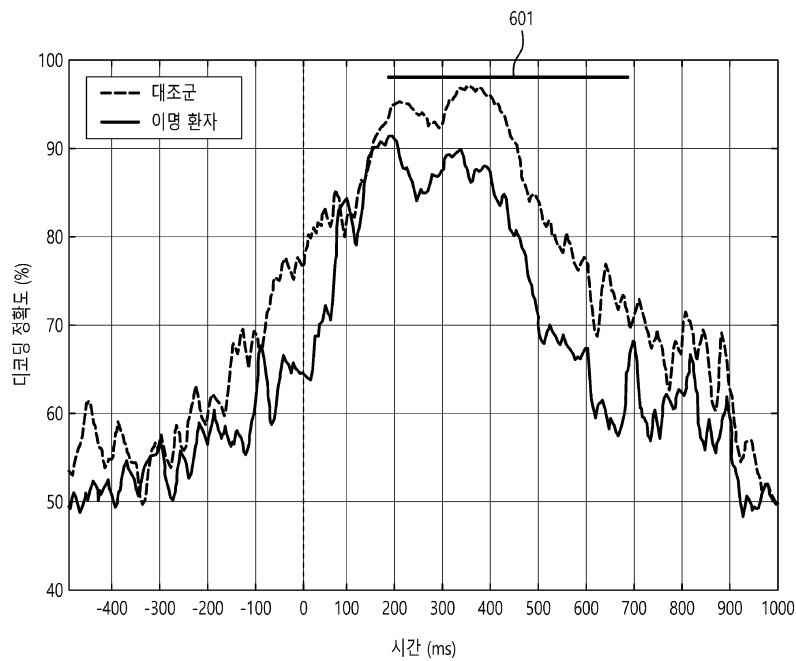
도면4



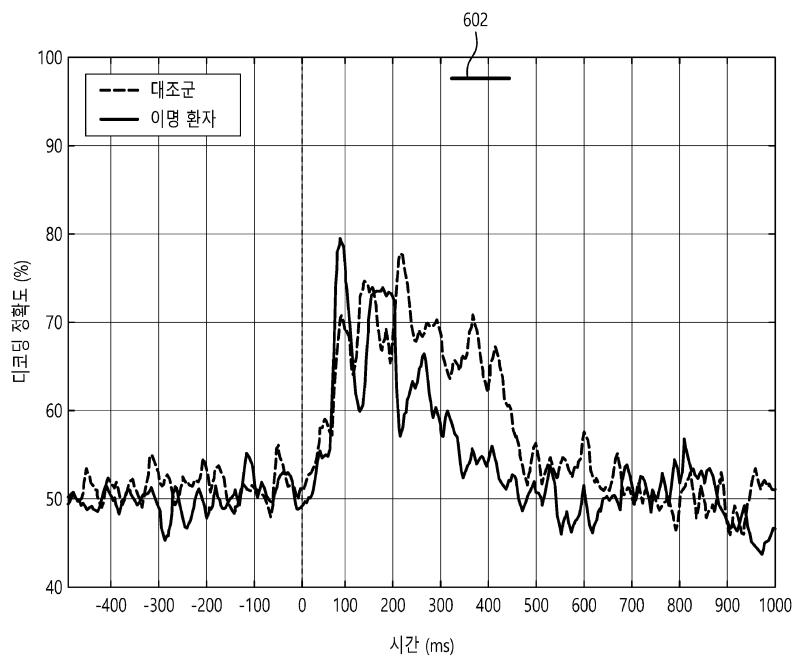
도면5



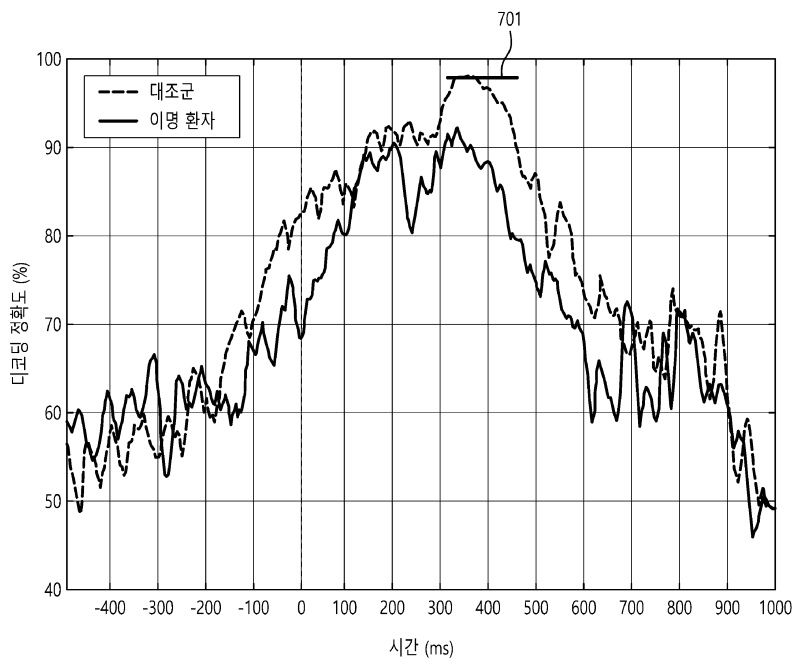
도면6a



도면6b



도면7a



도면 7b

