

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0153148
(43) 공개일자 2022년11월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/372 (2021.01) A61B 5/00 (2021.01)

A61B 5/16 (2006.01) A61B 5/374 (2021.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/372 (2022.01)

A61B 5/165 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0060027

(22) 출원일자 2021년05월10일

심사청구일자 2021년05월10일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

염홍기

광주광역시 남구 회재로1293번길 7, 107동 1403호
(백운동, 힐스테이트 백운)

최우성

광주광역시 남구 독립로54번길 8 백운동벽산아파트 104동 404호

(74) 대리인

특허법인리체

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 분산분석 기반 뇌파 분석 장치 및 방법

(57) 요약

분산분석 기반 뇌파 분석 장치 및 방법이 개시된다. 일 실시예에 따른 뇌파 분석 장치는 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득하는 뇌파 획득부; 상기 획득된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 스펙트럼 생성부; 분산분석 기법을 이용하여 상기 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 분산분석부; 를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/374 (2022.01)

A61B 5/4088 (2013.01)

A61B 5/7257 (2013.01)

A61B 5/726 (2013.01)

A61B 5/7275 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345322673

과제번호 2020R1I1A3057494

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 지역대학우수과학자지원사업

연구과제명 AI 분석 기반 뇌 신호처리 메커니즘 규명 및 뇌 신호 자동 분석 딥러닝 알고리즘 개

발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 조선대학교

연구기간 2020.06.01 ~ 2025.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득하는 뇌파 획득부;

상기 획득된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 스펙트럼 생성부; 및

분산분석 기법을 이용하여 상기 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 분산분석부; 를 포함하는,

뇌파 분석 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 획득된 복수의 뇌파 신호 또는 상기 생성된 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 상기 조건 별로 그룹핑하는 그룹핑부; 를 더 포함하는,

뇌파 분석 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 시간 주파수 이미지 생성부는,

단시간 푸리에 변환(Short-time Fourier transform), 웨이블릿 변환(Wavelet transform), 쌍선형 시간-주파수 분포(Bilinear time-frequency distribution), 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution), 힐베르트-황 변환(Hilbert-Huang transform), 가보-위그너 분포(Gabor-Wigner distribution) 중 하나를 이용하여 상기 복수의 시간 주파수 이미지를 생성하는,

뇌파 분석 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 F 값은 그룹 내 분산에 대한 그룹 간 분산의 비인,

뇌파 분석 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 분산분석부는,

하기 수학적식을 이용하여 상기 그룹 내 분산을 산출하는,

뇌파 분석 장치.

[수학적식]

$$\text{Within-group variance} = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{N - K}$$

여기서 i는 그룹 인덱스, j는 시간-주파수 스펙트럼 인덱스, K는 그룹 개수, n_i 는 i번째 그룹의 시간-주파수 스

펙트럼 개수, N 은 총 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y 는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\overline{Y_i}$ 는 i 번째 그룹의 Y 의 평균을 나타냄.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 분산분석부는,

하기 수학적식을 이용하여 상기 그룹 간 분산을 산출하는,

뇌파 분석 장치.

[수학적식]

$$\text{Between-group variance} = \sum_{i=0}^K n_i \frac{(\overline{Y_i} - \overline{Y})^2}{K-1}$$

여기서, i 는 그룹 인덱스, K 는 그룹 개수, n_i 는 i 번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y 는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\overline{Y}$ 는 Y 의 전체 평균, $\overline{Y_i}$ 는 i 번째 그룹의 Y 의 평균을 나타냄.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 조건은 피검체의 상태 및 측정 위치를 포함하는,

뇌파 분석 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 피검체의 상태는 기분, 움직임, 움직임 상상, 건강 상태를 포함하는,

뇌파 분석 장치.

청구항 9

다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득하는 단계;

상기 획득된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 단계; 및

분산분석 기법을 이용하여 상기 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 단계; 를 포함하는,

뇌파 분석 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 획득된 복수의 뇌파 신호 또는 상기 생성된 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 상기 조건 별로 그룹핑하는 단계; 를 더 포함하는,

뇌파 분석 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 단계는,

단시간 푸리에 변환(Short-time Fourier transform), 웨이블릿 변환(Wavelet transform), 쌍선형 시간-주파수 분포(Bilinear time-frequency distribution), 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution), 힐베르트-황 변환(Hilbert-Huang transform), 가보-위그너 분포(Gabor-Wigner distribution) 중 하나를 이용하여 상기 복수의 시간 주파수 이미지를 생성하는,

뇌파 분석 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 F 값은 그룹 내 분산에 대한 그룹 간 분산의 비인,

뇌파 분석 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 F 값을 산출하는 단계는,

하기 수학적식을 이용하여 상기 그룹 내 분산을 산출하는 단계; 를 포함하는,

뇌파 분석 방법.

[수학적식]

$$Within - group variance = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{N - K}$$

여기서 i는 그룹 인덱스, j는 시간-주파수 스펙트럼 인덱스, K는 그룹 개수, n_i는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, N은 총 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 F 값을 산출하는 단계는,

하기 수학적식을 이용하여 상기 그룹 간 분산을 산출하는 단계; 를 포함하는,

뇌파 분석 방법.

[수학적식]

$$Between - group variance = \sum_{i=0}^K n_i \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{K - 1}$$

여기서, i는 그룹 인덱스, K는 그룹 개수, n_i는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}$ 는 Y의 전체 평균, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 조건은 피검체의 상태 및 측정 위치를 포함하는,

뇌파 분석 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 피검체의 상태는 기분, 움직임, 움직임 상상, 건강 상태를 포함하는,
뇌파 분석 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 분산분석 기반 뇌파 분석 장치 및 방법과 관련된다.

배경 기술

[0002] 뇌파 분석을 통해 뇌의 메커니즘을 이해하는 것은 매우 중요하다. 이것은 학문적인 의미뿐만 아니라 뇌 관련 질병 치료에도 직접적인 영향을 미치며, 실생활에 다양하게 활용될 수 있다. 예를 들어 뇌전증이 뇌의 어느 영역에서 발생하는지 분석하여 수술 영역을 정확하게 해줄 수 있다. 또한 뇌파를 분석하여 움직임 의도를 예측할 수 있고, 이에 따라 사지마비 환자가 자신의 의도에 따라 로봇을 제어할 수 있게 해준다. 또한 감각을 느끼지 못하거나 앞을 못 보는 사람에게 뇌에 전기 자극을 주어 감각을 느끼거나 앞을 볼 수 있게 해줄 수 있다.

[0003] 뇌파는 주파수 영역에 따라 다른 특성을 가지며, 시간에 따라 뇌의 영역 별로 다른 신호가 발생한다. 예를 들어 왼손을 움직일 때는 우측 운동피질에서 8~13Hz의 알파파와 13~30Hz의 베타파의 파워가 감소하고, 움직임이 끝나면 알파파와 베타파의 파워가 증가하게 된다. 이를 각각 event-related desynchronization (ERD), event-related synchronization (ERS)라고 한다. 또한 오른손을 움직일 때는 왼쪽 운동피질에서 알파파와 베타파의 파워가 감소하고, 발이나 얼굴 등을 움직일 때는 해당 뇌 영역의 뇌파가 변하게 된다.

[0004] 시간-주파수 분석 방법은 이러한 뇌파 특성을 분석하기에 매우 유용한 방법이다. 시간-주파수 분석이란 시간 영역에서 표현되는 뇌파를 주파수 영역으로 변환하여 시간에 따라 각 주파수별로 세기가 어떻게 변화하는지를 나타낸다. 시간-주파수 분석에서 행은 주파수를 열을 시간을 나타내며, 색으로 신호의 세기를 나타낸다. 이러한 시간-주파수 분석은 매우 유용하여 다양한 뇌 연구에 기본적인 분석으로 활용되어 오고 있다.

[0005] 그러나 기존의 시간-주파수 분석 방법은 다른 조건에 따라 어떤 특성이 달라지는지 직접적으로 알기 어렵다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허공보 제10-1737930호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 분산분석 기반 뇌파 분석 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기의 목적들을 달성하기 위하여, 분산분석 기반 뇌파 분석 장치 및 방법을 개시한다. 일 양상에 따른 뇌파 분석 장치는 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득하는 뇌파 획득부; 상기 획득된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 스펙트럼 생성부; 및 분산분석 기법을 이용하여 상기 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 분산분석부;를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 뇌파 분석 장치는 상기 획득된 복수의 뇌파 신호 또는 상기 생성된 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 상기 조건 별로 그룹핑하는 그룹핑부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 시간 주파수 이미지 생성부는, 단시간 푸리에 변환(Short-time Fourier transform), 웨이블릿 변환(Wavelet transform), 쌍선형 시간-주파수 분포(Bilinear time-frequency distribution), 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution), 힐베르트-황 변환(Hilbert-Huang transform), 가보-위그너 분포(Gabor-Wigner distribution) 중 하나를 이용하여 상기 복수의 시간 주파수 이미지를 생성할 수 있다.

[0011] 상기 F 값은 그룹 내 분산에 대한 그룹 간 분산의 비일 수 있다.

[0012] 상기 분산분석부는, 하기 수학식을 이용하여 상기 그룹 내 분산을 산출할 수 있다.

[0013] [수학식]

$$Within - group variance = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{N - K}$$

[0014] 여기서 i는 그룹 인덱스, j는 시간-주파수 스펙트럼 인덱스, K는 그룹 개수, n_i 는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, N은 총 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

[0016] 상기 분산분석부는, 하기 수학식을 이용하여 상기 그룹 간 분산을 산출할 수 있다.

[0017] [수학식]

$$Between - group variance = \sum_{i=0}^K n_i \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{K - 1}$$

[0018] 여기서, i는 그룹 인덱스, K는 그룹 개수, n_i 는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}$ 는 Y의 전체 평균, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

[0020] 상기 조건은 피검체의 상태 및 측정 위치를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 피검체의 상태는 기분, 움직임, 움직임 상상, 건강 상태를 포함할 수 있다.

[0022] 다른 양상에 따른 뇌파 분석 방법은 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득하는 단계; 상기 획득된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 단계; 및 분산분석 기법을 이용하여 상기 그룹핑된 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 단계; 를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 뇌파 분석 방법은 상기 획득된 복수의 뇌파 신호 또는 상기 생성된 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 상기 조건 별로 그룹핑하는 단계; 를 더 포함할 수 있다.

[0024] 상기 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성하는 단계는, 단시간 푸리에 변환(Short-time Fourier transform), 웨이블릿 변환(Wavelet transform), 쌍선형 시간-주파수 분포(Bilinear time-frequency distribution), 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution), 힐베르트-황 변환(Hilbert-Huang transform), 가보-위그너 분포(Gabor-Wigner distribution) 중 하나를 이용하여 상기 복수의 시간 주파수 이미지를 생성할 수 있다.

[0025] 상기 F 값은 그룹 내 분산에 대한 그룹 간 분산의 비일 수 있다.

[0026] 상기 F 값을 산출하는 단계는, 하기 수학식을 이용하여 상기 그룹 내 분산을 산출하는 단계; 를 포함할 수 있다.

[0027] [수학식]

$$Within - group variance = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{N - K}$$

[0028] 여기서 i는 그룹 인덱스, j는 시간-주파수 스펙트럼 인덱스, K는 그룹 개수, n_i 는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, N은 총 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

펙트럼 개수, N은 총 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

[0030] 상기 F 값을 산출하는 단계는, 하기 수학식을 이용하여 상기 그룹 간 분산을 산출하는 단계; 를 포함할 수 있다.

[0031] [수학식]

$$\text{Between-group variance} = \sum_{i=0}^K n_i \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{K-1}$$

[0032] 여기서, i는 그룹 인덱스, K는 그룹 개수, n_i 는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}$ 는 Y의 전체 평균, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타냄.

[0034] 상기 조건은 피검체의 상태 및 측정 위치를 포함할 수 있다.

[0035] 상기 피검체의 상태는 기분, 움직임, 움직임 상상, 건강 상태를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0036] 일 실시예에 따른 뇌파 분석 장치 및 방법에 따르면, 뇌파 측정 조건에 따라 차이가 발생하는 뇌파 특성을 쉽게 확인할 수 있으며, 사용자의 기분 판단, 질병 진단 및 치료, 사용자의 움직임 의도 예측 및 로봇 제어 등에 이용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 장치를 도시한 도면이다.

도 2는 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

도 3은 움직임 상상별 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼과 F 값 시간-주파수 스펙트럼의 예시도이다.

도 4는 뇌파 측정 위치별 F 값 시간-주파수 스펙트럼의 예시도이다.

도 5는 도 4의 모든 뇌파 측정 위치별 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 평균한 F 값 시간-주파수 스펙트럼의 예시도이다.

도 6은 시간 경과에 따른 F 값의 토포그래피(topography)의 예시도이다.

도 7은 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 장치를 도시한 도면이다.

도 8은 예시적인 실시예들에서 사용되기에 적합한 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경을 예시하여 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 방법을 도시한 도면이다.

도 10은 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 방법을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예를 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0039] 한편, 각 단계들에 있어, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 수행될 수 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

[0040] 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례

등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

- [0041] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함하고, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0042] 또한, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주 기능별로 구분한 것에 불과하다. 즉, 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있다. 각 구성부는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0043] 도 1은 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 장치를 도시한 도면이고, 도 2는 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0044] 도 1 및 도 2를 참조하면, 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 장치(100)는 뇌파 획득부(110), 스펙트럼 생성부(120), 그룹핑부(130) 및 분산분석부(140)를 포함할 수 있다.
- [0045] 뇌파 획득부(110)는 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다. 여기서, 조건은 피검체의 상태 및 측정 위치 등을 포함하며, 상태는 기분 상태, 움직임 상태, 움직임 상상 상태, 건강 상태 등을 포함하고, 측정 위치는 뇌파 측정 위치로서, FP1, FP2, FPz, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2, Oz 등을 포함할 수 있다. 기분은 슬픔, 기쁨, 화남, 걱정, 불안, 두려움, 만족, 실망, 우울, 평안, 행복, 흥분 등을 포함할 수 있다. 움직임은 손가락 움직임, 발가락 움직임, 손 움직임, 발 움직임, 팔 움직임, 다리 움직임, 머리 움직임, 목 움직임, 눈 움직임, 혀 움직임 등을 포함할 수 있다. 움직임 상상은 손가락 움직임 상상, 발가락 움직임 상상, 손 움직임 상상, 발 움직임 상상, 팔 움직임 상상, 다리 움직임 상상, 머리 움직임 상상, 목 움직임 상상, 눈 움직임 상상, 혀 움직임 상상 등을 포함할 수 있다. 건강 상태는 정상, 경련성 질환, 두통, 뇌혈관 질환, 뇌종양, 의식장애, 뇌막염, 치매, 정신분열증 등을 포함할 수 있다.
- [0046] 예를 들면, 뇌파 획득부(110)는 뇌파 측정 장치를 포함하며, 이 뇌파 측정 장치를 이용하여 다양한 조건에서 하나 또는 다수의 피검체의 뇌파 신호를 측정함으로써, 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다.
- [0047] 다른 예를 들면, 뇌파 획득부(110)는 뇌파 신호를 측정 및/또는 저장하는 외부 장치로부터 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 수신함으로써, 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다. 이때, 뇌파 획득부(110)는 유무선 통신 기술을 이용할 수 있다. 여기서 무선 통신 기술은 블루투스(bluetooth) 통신, BLE(Bluetooth Low Energy) 통신, 근거리 무선 통신(Near Field Communication, NFC), WLAN 통신, 지그비(Zigbee) 통신, 적외선(Infrared Data Association, IrDA) 통신, WFD(Wi-Fi Direct) 통신, UWB(ultra-wideband) 통신, Ant+ 통신, WIFI 통신, RFID(Radio Frequency Identification) 통신, 3G 통신, 4G 통신 및 5G 통신 등을 포함할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0048] 스펙트럼 생성부(120)는 뇌파 획득부(110)를 통해 획득한 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다. 여기서, 시간-주파수 스펙트럼은 각 시간과, 해당 시간의 각 주파수의 신호 강도를 표시할 수 있다. 따라서, 시간-주파수 스펙트럼을 통해 시간에 따라 각 주파수별로 신호 강도가 어떻게 변화하는지를 알 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 스펙트럼 생성부(120)는 시간-주파수 변환 기법 예컨대, 단시간 푸리에 변환(Short-time Fourier transform), 웨이블릿 변환(Wavelet transform), 쌍선형 시간-주파수 분포(Bilinear time-frequency distribution), 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution), 힐베르트-황 변환(Hilbert-Huang transform), 가보-위그너 분포(Gabor-Wigner distribution) 등을 이용하여 각 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다.
- [0050] 그룹핑부(130)는 스펙트럼 생성부(120)에서 생성된 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 뇌파 신호가 측정된 조건별로 그룹핑할 수 있다.

[0051] 예를 들어, 그룹핑부(130)는 획득된 복수의 뇌파 신호가 다양한 움직임 상상 하에서 측정된 뇌파 신호라면, 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 해당 뇌파 신호가 측정된 움직임 상상의 종류에 따라 그룹핑할 수 있다.

[0052] 분산분석부(140)는 분산분석 기법을 이용하여 그룹핑된 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 각 시간별로 각 주파수별로(이하, 시간-주파수별) 신호 강도의 F 값을 산출할 수 있다. 여기서, F 값은 그룹 내 분산에 대한 그룹 간 분산의 비율 수 있다. 따라서, F 값이 클수록 같은 그룹에서의 변화가 작고, 다른 그룹에서는 변화가 크다는 것을 의미할 수 있다.

[0053] 예를 들어, 도 2를 참조하면, 분산분석부(140)는 수학식 1 내지 수학식 3을 이용하여 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출할 수 있다.

수학식 1

$$F_{f,t} = \frac{\text{Between-group variance}_{f,t}}{\text{Within-group variance}_{f,t}}$$

[0054]

수학식 2

$$\text{Between-group variance} = \sum_{i=0}^K n_i \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{K-1}$$

[0055]

수학식 3

$$\text{Within-group variance} = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{N-K}$$

[0056]

[0057] 여기서, f는 주파수, t는 시간, i는 그룹 인덱스, j는 시간-주파수 스펙트럼 인덱스, K는 그룹 개수, n_i 는 i번째 그룹의 시간-주파수 스펙트럼 개수, N은 총 시간-주파수 스펙트럼 개수, Y는 해당 시간 및 해당 주파수에서의 신호 강도, $\bar{Y}$ 는 Y의 전체 평균, $\bar{Y}_i$ 는 i번째 그룹의 Y의 평균을 나타낼 수 있다.

[0058] 분산분석부(140)는 산출된 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 기반으로 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다. 이때, F 값 시간-주파수 스펙트럼은 각 시간과, 해당 시간의 각 주파수의 F 값을 표시할 수 있다.

[0059] 분산분석부(140)는 산출된 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 기반으로 소정 값 이상의 F 값을 가지는 주파수 또는 주파수 대역을 판단하고, 판단된 주파수 또는 주파수 대역에서의 시간의 경과에 따른 F 값의 토포그래피(topography)를 생성할 수 있다.

[0060] 전술한 바와 같이, F 값이 클수록 같은 그룹에서의 변화가 작고, 다른 그룹에서는 변화가 크다는 것을 의미하므로, 이러한 F 값을 통해 조건에 따라 차이가 발생하는 뇌파 특성을 쉽게 확인할 수 있다.

[0061] 따라서, F 값이 소정 값 이상이 되는 뇌파 특성, 즉, 시간, 주파수 및 신호 크기를 기본 판단, 질병 진단 및 치료, 움직임 의도 예측 및 로봇 제어 등에 이용할 수 있다.

[0062] 도 3은 움직임 상상별 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼과 F 값 시간-주파수 스펙트럼의 예시도이다. 구체적으로 도 3에서 (a)는 왼손 움직임 상상 동안 측정된 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼이고, (b)는 오른손 움직임 상상 동안 측정된 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼이고, (c)는 발 움직임 상상 동안 측정된 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼이고, (d)는 허 움직임 상상 동안 측정된 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼이고, (e)는 시간-주파수 스펙트럼들((a), (b), (c), (d))로부터 생성된 F 값 시간-주파수 스펙트럼이다. (a) 내지 (d)에서 사용

된 뇌파 신호는 동일한 피검체의 C3 위치에서 측정된 것일 수 있다.

- [0063] 도 3의 (a) 내지 (d)를 참조하면, 각 움직임 상상별로 시간에 따라 어느 주파수 영역에서 신호 강도의 변화가 발생하는지는 용이하게 알 수 있다. 그러나, (a) 내지 (d)만으로는 4가지 다른 움직임 상상에 따라 어느 시간대, 어느 주파수 대에서 신호 강도의 차이가 발생하는지를 알기는 어렵다.
- [0064] 그러나, 도 3의 (e)에 도시된 F 값 시간-주파수 스펙트럼은 4가지 다른 움직임 상상에 따라 어느 시간대, 어느 주파수 대에서 신호 강도의 차이가 발생하는지 쉽게 알 수 있다. 도 3의 예에서 4가지 다른 움직임 상상은 8~16Hz 및 19~42Hz에서 0.55초~3.36초 사이에 차이가 발생한다는 것을 알 수 있다.
- [0065] 도 4는 뇌파 측정 위치별 F 값 시간-주파수 스펙트럼의 예시도이고, 도 5는 도 4의 모든 뇌파 측정 위치별 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 평균한 F 값 시간-주파수 스펙트럼의 예시도이고, 도 6은 시간 경과에 따른 F 값의 토포그래피(topography)의 예시도이다. 도 4는 왼손 움직임 상상, 오른손 움직임 상상, 발 움직임 상상, 혀 움직임 상상 동안 9명의 피검체 각각 22개의 위치에서 뇌파 신호를 측정하고, 각 측정 위치별로 각 피검체별로 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 생성하고, 생성된 측정 위치별 피검체별 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 각 측정 위치별로 모든 피검체에 대해 평균하여 해당 측정 위치에 도시한 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 도시한다. 도 6의 (a)는 도 4의 각 뇌파 측정 위치별 F 값 시간-주파수 스펙트럼에서 17~27Hz의 F 값 평균을 산출하여 해당 뇌파 측정 위치에 표시한 토포그래피를 시간에 따라 표시한 예이고, (b)는 도 4의 각 뇌파 측정 위치별 F 값 시간-주파수 스펙트럼에서 9~15Hz의 F 값 평균을 산출하여 해당 뇌파 측정 위치에 표시한 토포그래피를 시간에 따라 표시한 예이다.
- [0066] 도 4를 참조하면, 측정 위치별로 전체적인 특성을 한 눈에 쉽게 확인할 수 있다. 도 4의 경우, C3, Cz 및 C4 위치에서 높은 F 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0067] 도 5를 참조하면, 움직임 상상별로 차이가 발생하는 주파수 및 시간에 대한 중요한 특성을 쉽게 확인할 수 있다. 도 5를 참조하면, 4가지 다른 움직임 상상은 17~27Hz와 9~15Hz에서 차이가 발생한다는 것을 확인할 수 있다.
- [0068] 도 6을 참조하면, 손과 발 관련 위치에서 높은 F 값을 갖는 다는 것을 확인할 수 있다.
- [0069] 도 7은 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 장치를 도시한 도면이다.
- [0070] 도 7의 뇌파 분석 장치(200)는 도 1의 뇌파 분석 장치(100)와 달리 그룹핑을 먼저 수행하고, 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다.
- [0071] 즉, 그룹핑부(210)는 뇌파 획득부(110)를 통해 획득된 복수의 뇌파 신호를 뇌파 신호가 측정된 조건별로 그룹핑하고, 스펙트럼 생성부(220)는 그룹핑부(210)는 그룹핑된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다.
- [0072] 도 8은 예시적인 실시예들에서 사용되기에 적합한 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경을 예시하여 설명하기 위한 도면이다. 도시된 실시예에서, 각 구성부들은 이하에 기술된 것 이외에 상이한 기능 및 능력을 가질 수도 있고, 컴퓨팅 환경은 이하에 기술되지 것 이외에도 추가적인 구성부를 포함할 수도 있다.
- [0073] 도시된 컴퓨팅 환경(700)은 컴퓨팅 장치(710)를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 컴퓨팅 장치(710)는 예를 들어, 도 1 및 도 6에 도시된 뇌파 획득부(110), 스펙트럼 생성부(120, 220), 그룹핑부(130, 210), 분산분석부(140)와 같이 뇌파 분석 장치(100, 200)에 포함되는 하나 이상의 구성부를 포함할 수 있다.
- [0074] 컴퓨팅 장치(710)는 적어도 하나의 프로세서(711), 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(712) 및 통신 버스(713)를 포함할 수 있다. 프로세서(711)는 컴퓨팅 장치(710)로 하여금 앞서 언급된 예시적인 실시예에 따라 동작하도록 할 수 있다. 예컨대, 프로세서(711)는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(712)에 저장된 하나 이상의 프로그램들(714)을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들(714)은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(711)에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(710)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0075] 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(712)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(712)에 저장된 프로그램(714)은 프로세서(711)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(712)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하

나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 컴퓨팅 장치(710)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.

[0076] 통신 버스(713)는 프로세서(711), 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(712)를 포함하여 컴퓨팅 장치(710)의 다른 다양한 구성부들을 상호 연결할 수 있다.

[0077] 컴퓨팅 장치(710)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(720)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(715) 및 하나 이상의 네트워크 통신 인터페이스(716)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(715) 및 네트워크 통신 인터페이스(716)는 통신 버스(713)에 연결될 수 있다. 입출력 장치(720)는 입출력 인터페이스(715)를 통해 컴퓨팅 장치(710)의 다른 구성부들에 연결될 수 있다. 입출력 장치(720)는 예를 들어, 포인팅 장치(마우스 또는 트랙패드 등), 키보드, 터치 입력 장치(터치패드 또는 터치스크린 등), 음성 또는 소리 입력 장치, 다양한 종류의 센서 장치 및/또는 촬영 장치와 같은 입력 장치, 및/또는 디스플레이 장치, 프린터, 스피커 및/또는 네트워크 카드와 같은 출력 장치를 포함할 수 있다. 입출력 장치(720)는 컴퓨팅 장치(710)를 구성하는 일 구성부로서 컴퓨팅 장치(710)의 내부에 포함될 수도 있고, 컴퓨팅 장치(710)와는 구별되는 별개의 장치로 컴퓨팅 장치(710)와 연결될 수도 있다.

[0078] 도 9는 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 방법을 도시한 도면이다. 도 9의 뇌파 분석 방법은 도 1의 뇌파 분석 장치(100)에 의해 수행될 수 있다.

[0079] 도 9를 참조하면, 뇌파 분석 장치는 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다(910). 여기서, 조건은 피검체의 상태 및 측정 위치 등을 포함하며, 상태는 기분 상태, 움직임 상태, 움직임 상상 상태, 건강 상태 등을 포함하고, 측정 위치는 뇌파 측정 위치로서, FP1, FP2, FPz, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2, Oz 등을 포함할 수 있다. 기분은 슬픔, 기쁨, 화남, 걱정, 불안, 두려움, 만족, 실망, 우울, 평안, 행복, 흥분 등을 포함할 수 있다. 움직임은 손가락 움직임, 발가락 움직임, 손 움직임, 발 움직임, 팔 움직임, 다리 움직임, 머리 움직임, 목 움직임, 눈 움직임, 혀 움직임 등을 포함할 수 있다. 움직임 상상은 손가락 움직임 상상, 발가락 움직임 상상, 손 움직임 상상, 발 움직임 상상, 팔 움직임 상상, 다리 움직임 상상, 머리 움직임 상상, 목 움직임 상상, 눈 움직임 상상, 혀 움직임 상상 등을 포함할 수 있다. 건강 상태는 정상, 경련성 질환, 두통, 뇌혈관 질환, 뇌종양, 의식장애, 뇌막염, 치매, 정신분열증 등을 포함할 수 있다.

[0080] 예를 들면, 뇌파 분석 장치는 뇌파 측정 장치를 포함하며, 이 뇌파 측정 장치를 이용하여 다양한 조건에서 하나 또는 다수의 피검체의 뇌파 신호를 측정함으로써, 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다. 또는 뇌파 분석 장치는 뇌파 신호를 측정 및/또는 저장하는 외부 장치로부터 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 수신함으로써, 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다.

[0081] 뇌파 분석 장치는 획득한 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다(920). 예를 들어, 뇌파 분석 장치는 시간-주파수 변환 기법 예컨대, 단시간 푸리에 변환(Short-time Fourier transform), 웨이블릿 변환(Wavelet transform), 쌍선형 시간-주파수 분포(Bilinear time-frequency distribution), 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution), 힐베르트-황 변환(Hilbert-Huang transform), 가보-위그너 분포(Gabor-Wigner distribution) 등을 이용하여 각 뇌파 신호의 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다.

[0082] 뇌파 분석 장치는 생성된 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 뇌파 신호가 측정된 조건별로 그룹핑할 수 있다(930).

[0083] 뇌파 분석 장치는 분산분석 기법을 이용하여 그룹핑된 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출할 수 있다(940). 여기서, F 값은 그룹 내 분산에 대한 그룹 간 분산의 비율 수 있다.

[0084] 예를 들어, 뇌파 분석 장치는 수학식 1 내지 수학식 3을 이용하여 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출할 수 있다. 예를 들어, 뇌파 분석 장치는 수학식 2를 이용하여 그룹 간 분산을 산출하고, 수학식 3을 이용하여 그룹 내 분산을 산출하고, 수학식 1을 이용하여 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출할 수 있다.

[0085] 뇌파 분석 장치는 산출된 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 기반으로 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다(950). 이때, F 값 시간-주파수 스펙트럼은 각 시간과, 해당 시간의 각 주파수의 F 값을 표시할 수 있다.

[0086] 도 10은 예시적 실시예에 따른 뇌파 분석 방법을 도시한 도면이다. 도 10의 뇌파 분석 방법은 도 7의 뇌파 분석 장치(200)에 의해 수행될 수 있다.

- [0087] 도 10을 참조하면, 뇌파 분석 장치 다양한 조건에서 측정된 복수의 뇌파 신호를 획득할 수 있다(1010).
- [0088] 뇌파 분석 장치는 획득된 복수의 뇌파 신호를 뇌파 신호가 측정된 조건별로 그룹핑할 수 있다(1020).
- [0089] 뇌파 분석 장치는 그룹핑된 복수의 뇌파 신호로부터 복수의 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다(1030).
- [0090] 뇌파 분석 장치는 분산분석 기법을 이용하여 그룹핑된 복수의 시간-주파수 스펙트럼으로부터 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 산출할 수 있다(1040).
- [0091] 뇌파 분석 장치는 산출된 시간-주파수별 신호 강도의 F 값을 기반으로 F 값 시간-주파수 스펙트럼을 생성할 수 있다(1050).
- [0092] 상술한 실시예들은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현될 수 있다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함할 수 있다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 디스크 등을 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 작성되고 실행될 수 있다.
- [0093] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시 예를 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 전술한 실시 예에 한정되지 않고 특허 청구범위에 기재된 내용과 동등한 범위 내에 있는 다양한 실시 형태가 포함되도록 해석되어야 할 것이다.

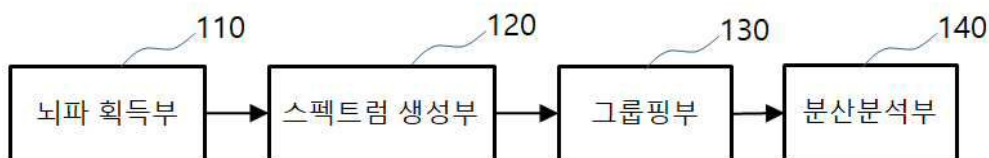
부호의 설명

- [0094] 100, 200: 뇌파 분석 장치 110: 뇌파 획득부
120, 220: 스펙트럼 생성부 130, 210: 그룹핑부
140: 분산분석부 700: 컴퓨팅 환경
710: 컴퓨팅 장치 711: 프로세서
712: 컴퓨터 관독 가능 저장 매체 713: 통신 버스
714: 프로그램 715: 입출력 인터페이스
716: 네트워크 통신 인터페이스 720: 입출력 장치

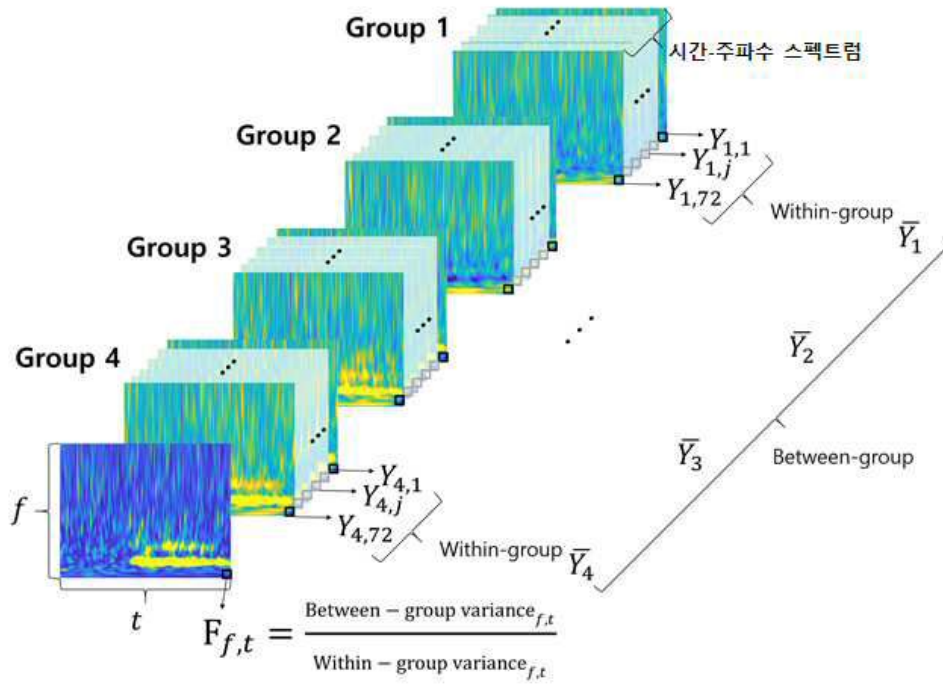
도면

도면1

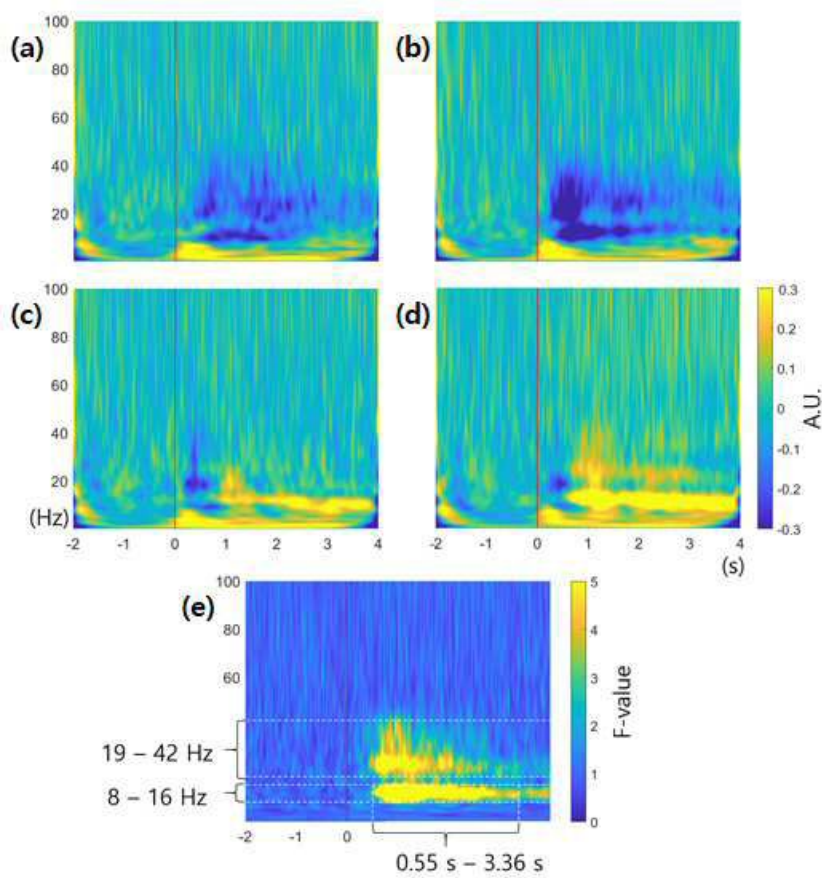
100



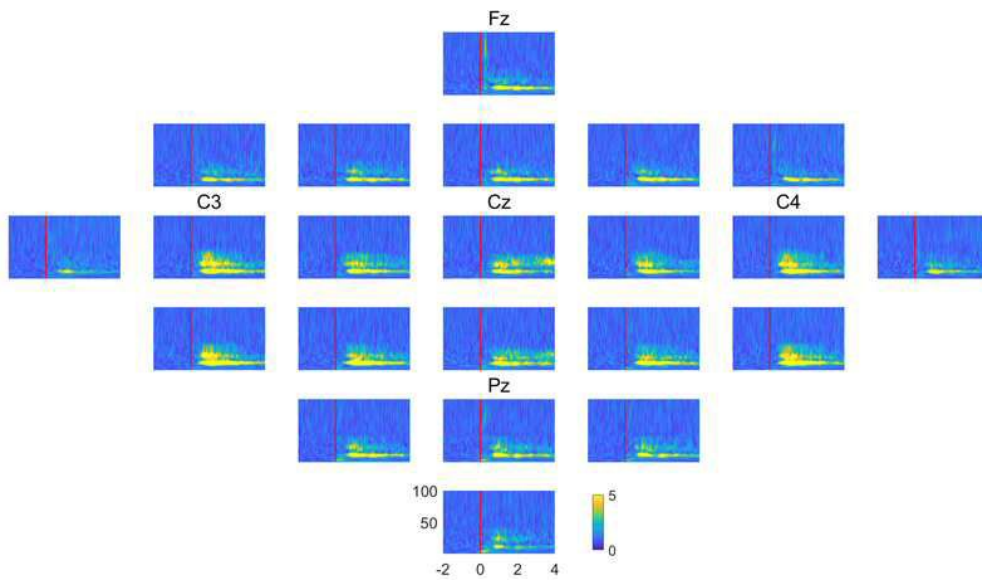
도면2



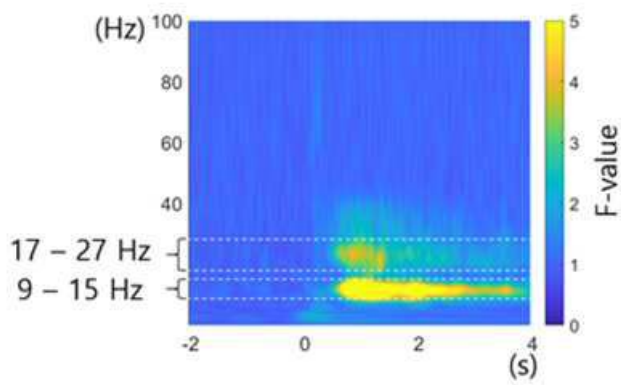
도면3



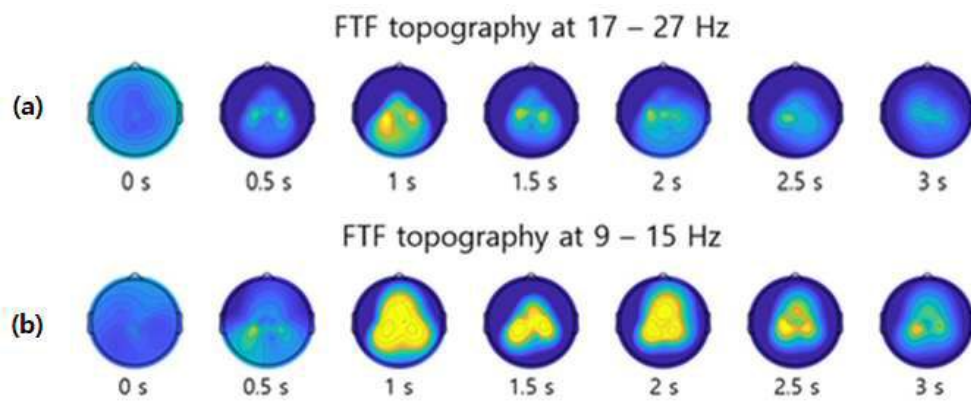
도면4



도면5

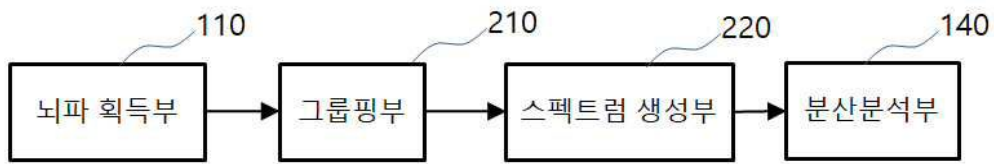


도면6



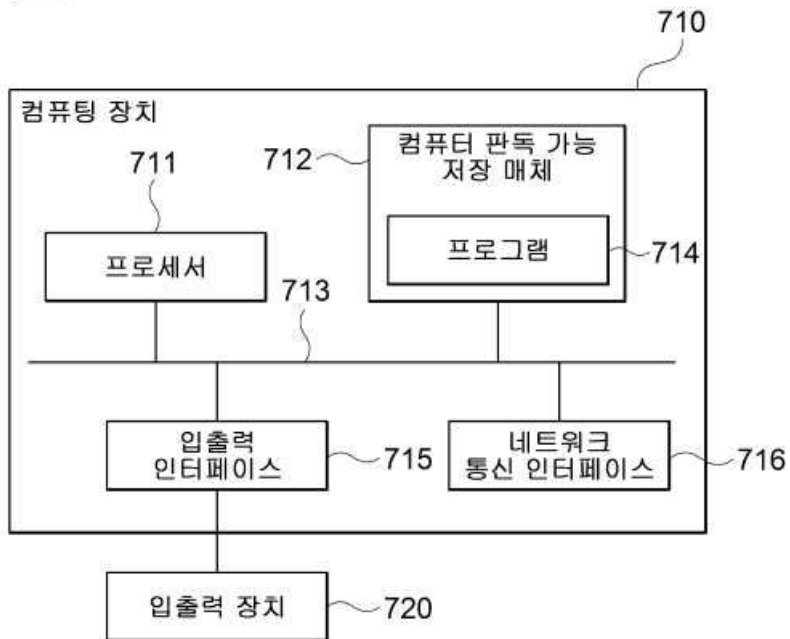
도면7

200

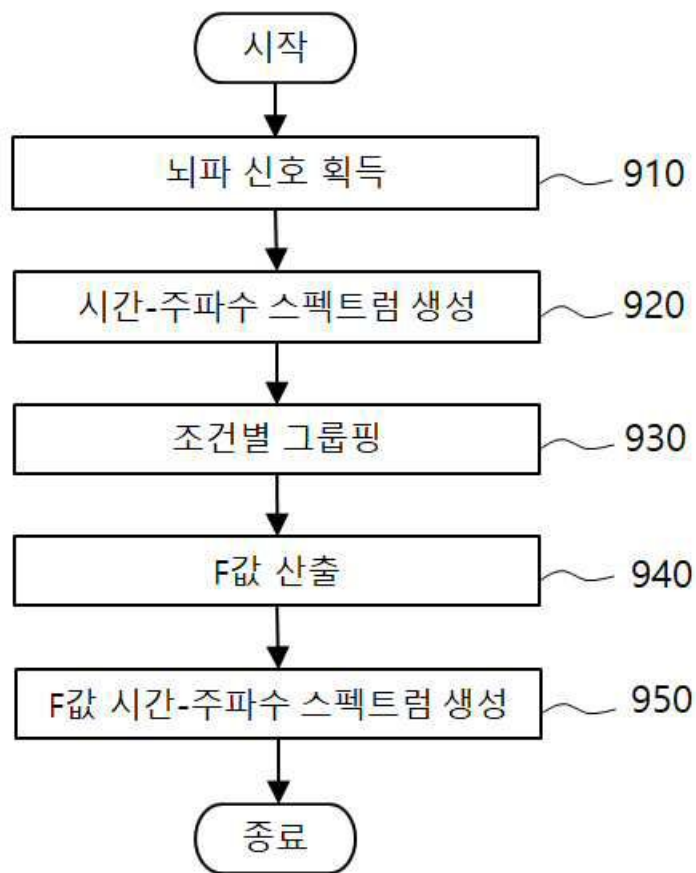


도면8

700



도면9



도면10

