(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월21일
(11) 등록번호 10-2113547
(24) 등록일자 2020년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61M 21/00 (2006.01) *A61B 5/048* (2006.01)
A61B 5/0484 (2006.01) *A61N 1/04* (2006.01)
A61N 1/36 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61M 21/00 (2013.01)
A61B 5/048 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0008327
(22) 출원일자 2019년01월22일
심사청구일자 2019년01월22일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150024753 A
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 12 항

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
민병경
서울특별시 강동구 상암로 325, 1동 301호 (상일동, 삼성빌라)
(74) 대리인
윤귀상

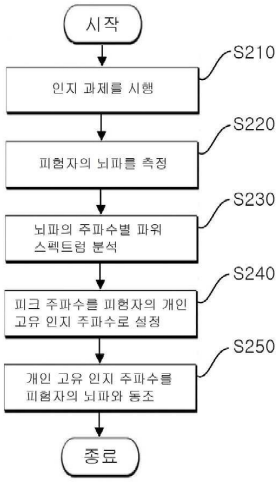
심사관 : 양성연

(54) 발명의 명칭 **개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치 및 방법, 상기 방법을 수행하기 위한 기록 매체**

(57) 요 약

본 발명은 인지 과제 수행 중에 발생하는 개인별 고유 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형의 전류를 이용하여 뇌를 자극함으로써 뇌파와 동조시켜 특정 인지 기능을 의도적, 선택적으로 증진시킬 수 있는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법에 관한 것으로, 피험자에게 인지 과제를 시행시키는 단계, 인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정하는 단계, 측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼을 분석하는 단계, 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크 주파수를 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수로 설정하는 단계 및 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조를 유발하여 특정 인지 기능을 증감시킬 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
A61B 5/0484 (2013.01)
A61N 1/0456 (2013.01)
A61N 1/36025 (2013.01)
A61M 2021/0072 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020130101903 A
KR1020130142476 A
KR1020020037579 A
KR101949079 B1*
KR1020180021017 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20170004510021001
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 정보통신기획평가원
연구사업명 SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D, 정보화)
연구과제명 (BCI-2세부) 딥러닝을 이용하여 사람의 의도를 인지하는 BCI 기반 뇌인지컴퓨팅 기술 개발
기 여 율 1/4
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711054894
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업
연구과제명 지능의 축적·확장·고정밀화를 위한 지능정보처리 SW 핵심기술 개발 및 글로벌 인력양성
기 여 율 1/4
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2018R1A2B6004084
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원사업
연구과제명 시상 기반 뇌신호 분석을 통한 의식 연구
기 여 율 1/4
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2018M3C1B8017514
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 휴먼플러스융합연구개발 챌린지 시범사업
연구과제명 비침습적 뇌자극-뇌파 동조 기반 뇌기능 증강 연구
기 여 율 1/4
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2018.04.01 ~ 2018.11.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

피험자에게 특정 인지 기능과 관련된 인지 과제(Cognitive Task)를 시행시키는 단계;

인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정하는 단계;

측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼(Power Spectrum)을 분석하는 단계;

분석된 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크(Peak) 주파수를 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)로 설정하는 단계; 및

개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조(Resonance)를 유발하는 단계를 포함하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 동조를 유발하는 단계는,

개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 파형을 갖는 교류 전류를 발생시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 동조를 유발하는 단계는,

경두개 전류 자극기(tCS, transcranial Current Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 파형을 발생시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 동조를 유발하는 단계는,

경두개 자기 자극기(TMS, Transcranial Magnetic Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 파형의 펄스를 발생시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 동조를 유발하는 단계는,

저강도(low-intensity) 집속 초음파 자극기(FUS, Focused Ultrasound Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 파형의 초음파를 발생시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 동조를 유발하는 단계는,

특정 인지 기능을 담당하는 피험자의 뇌 부분으로 주파수를 발생시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 인지 과제를 시행시키는 단계는,

제1 인지 기능과 관련된 제1 인지 과제와 제1 인지 기능과 다른 인지 기능인 제2 인지 기능과 관련된 제2 인지 과제를 각각 시행시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 개인별 고유 인지 주파수로 설정하는 단계는,

제1 인지 과제의 시행을 통해 설정된 개인별 고유 인지 주파수를 제1 고유 주파수로 설정하고, 제2 인지 과제의 시행을 통해 설정된 개인별 고유 인지 주파수를 제2 고유 주파수로 설정하는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 동조를 유발하는 단계는,

서로 다른 주파수를 가지는 제1 고유 주파수와 제2 고유 주파수를 피험자의 뇌파와 동시에 융합 동조시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 인지 과제를 시행시키는 단계는,

복수 개의 인지 기능이 융합된 인지 과제를 시행시키는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 11

제1항에 있어서,

동조를 유발한 주파수를 통해 피험자의 뇌에 비침습적 신경 자극을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 12

삭제

청구항 13

피험자에게 특정 인지 기능과 관련된 인지 과제(Cognitive Task)를 시행시키는 인지 과제 시행부;

인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정하는 뇌파 측정부;

측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼(Power Spectrum)을 분석하는 뇌파 스펙트럼 분석부;

분석된 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크(Peak) 주파수를 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)로 설정하는 주파수 설정부; 및

개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조(Resonance)를 유발하는 주파수 동조부를 포함하는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치 및 방법, 상기 방법을 수행하기 위한 기록 매체에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 개인별 고유 주파수를 발생시켜 뇌파와 동조시킬 수 있는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치 및 방법, 상기 방법을 수행하기 위한 기록 매체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 뇌파(Electroencephalogram)는, 생체(인간을 포함한 동물)의 뇌에서 발생하는 전기 활동으로서, 뇌 활동 상태에 따라 알파파(α-wave), 서파(slow wave) 또는 수면 방추파(sleep spindle wave) 등의 다양한 파형이 나타난다.

[0004] 최근에는 뇌파의 측정뿐만 아니라, 피험자의 머리에 전기 자극을 가함으로써 뇌파를 유발시키는 연구가 진행되고 있는데, 이러한 전기 자극을 경두개 전기 자극(tCS, Transcranial Current Stimulation)이라고 한다.

[0005] 이러한 뇌파 자극을 통해 특정 뇌파를 교란 혹은 동조시킴으로써, 뇌 활동을 촉진 또는 억제하여 기억 능력 향상 또는 정신 질환의 치료 등과 같은 분야에 활용할 수 있다.

[0006] 다만, 상술한 바와 같은 종래의 뇌파 자극 방법은, 주파수 밴드 전체를 모호하게 대별(大別)한다는 문제점을 가지고 있다. 예를 들어, 자극 주파수가 세타파일 경우 4 ~ 8Hz의 주파수 대역 모두를 하나로 평가하여 진행하는 방식으로서, 평균이 가지고 있는 오류를 그대로 가지고 있을 뿐만 아니라, 오히려 개인 고유 주파수의 의미를 희석시킬 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1469878호

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1249069호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일 측면은 특정 인지 기능을 수행할 때에 발생되는 인간의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)를 측정하고, 측정된 주파수를 경두개 전류 자극기를 이용하여 발생시킨 후 뇌파와의 동조를 유발시켜 뇌 기능을 증강할 수 있는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치 및 방법, 상기 방법을 수행하기 위한 기록 매체를 제공한다.

[0010] 본 발명의 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제

들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법은, 피험자에게 특정 인지 기능과 관련된 인지 과제(Cognitive Task)를 시행시키는 단계; 인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정하는 단계; 측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼(Power Spectrum)을 분석하는 단계; 분석된 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크(Peak) 주파수를 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)로 설정하는 단계; 및 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조(Resonance)를 유발하는 단계를 포함한다.

[0013] 일 실시 예에서, 상기 동조를 유발하는 단계는, 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 갖는 교류 전류를 발생시킬 수 있다.

[0014] 일 실시 예에서, 상기 동조를 유발하는 단계는, 경두개 전류 자극기(tCS, transcranial Current Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시킬 수 있다.

[0015] 일 실시 예에서, 상기 동조를 유발하는 단계는, 경두개 자기 자극기(TMS, Transcranial Magnetic Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형의 펄스를 발생시킬 수 있다.

[0016] 일 실시 예에서, 상기 동조를 유발하는 단계는, 저강도(low-intensity) 집속 초음파 자극기(FUS, Focused Ultrasound Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형의 초음파를 발생시킬 수 있다.

[0017] 일 실시 예에서, 상기 동조를 유발하는 단계는, 특정 인지 기능을 담당하는 피험자의 뇌 부분으로 주파수를 발생시킬 수 있다.

[0018] 일 실시 예에서, 상기 인지 과제를 시행시키는 단계는, 제1 인지 기능과 관련된 제1 인지 과제와 제1 인지 기능과 다른 인지 기능인 제2 인지 기능과 관련된 제2 인지 과제를 각각 시행시킬 수 있다.

[0019] 일 실시 예에서, 상기 개인별 고유 인지 주파수로 설정하는 단계는, 제1 인지 과제의 시행을 통해 설정된 개인별 고유 인지 주파수를 제1 고유 주파수로 설정하고, 제2 인지 과제의 시행을 통해 설정된 개인별 고유 인지 주파수를 제2 고유 주파수로 설정할 수 있다.

[0020] 일 실시 예에서, 상기 동조를 유발하는 단계는, 서로 다른 주파수를 가지는 제1 고유 주파수와 제2 고유 주파수를 피험자의 뇌파와 동시에 융합 동조시킬 수 있다.

[0021] 일 실시 예에서, 상기 인지 과제를 시행시키는 단계는, 복수 개의 인지 기능이 융합된 인지 과제를 시행시킬 수 있다.

[0022] 일 실시 예에서, 동조를 유발한 주파수를 통해 피험자의 뇌에 비침습적 신경 자극을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 컴퓨터로 판독 가능한 저장 매체에는, 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록되어 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치는, 피험자에게 특정 인지 기능과 관련된 인지 과제(Cognitive Task)를 시행시키는 인지 과제 시행부; 인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정하는 뇌파 측정부; 측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼(Power Spectrum)을 분석하는 뇌파 스펙트럼 분석부; 분석된 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크(Peak) 주파수를 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)로 설정하는 주파수 설정부; 및 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조(Resonance)를 유발하는 주파수 동조부를 포함한다.

발명의 효과

[0026] 상술한 본 발명의 일 측면에 따르면, 비침습적인 방법을 사용하기 때문에 실생활에 바로 활용할 수 있고, 뇌의 비침습적인 자극을 통해 학습과 기억 능력을 향상시키는 등의 교육적, 사회적 또는 경제적 효과를 제공할 수 있

다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치의 개략적인 구성이 도시된 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 설명하는 순서도이다.

도 3은 경두개 전류 자극기의 장착 예시를 설명하는 도면이다.

도 4 내지 도 6은 디지트 스팬 과제(Digit Span Task) 수행 중 경두개 교류 자극에 의한 효과를 보여주는 주파수별 뇌파 진폭의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 7은 뇌 자극의 전극 위치 및 뇌파 위치를 나타내는 EEG 캡의 모형도다.

도 8은 실험에 적용된 세타-감마 위상-진폭 동조(PAC)-tACS 기반 전류 뇌 자극 패턴 모델의 파형도이다.

도 9는 세타-감마 CFC tACS 자극시간과 자극 개시 구간(ramp-up), 자극 지속 구간 및 자극 종료 구간(ramp-down)의 모식도이다.

도 10은 작업 부하 3 조건 하에서 작업 기억 과제(task)를 시행하는 과정의 예시도 이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시 예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시 예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시 예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시 예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시 예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시 예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0030] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치의 개략적인 구성이 도시된 도면이다.

[0032] 도 1을 참조하면, 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치는, 인지 과제 시행부(100), 뇌파 측정부(200), 뇌파 스펙트럼 분석부(300), 주파수 설정부(400) 및 주파수 동조부(500)를 포함한다.

[0033] 인지 과제 시행부(100)는, 피험자에게 특정 인지 기능과 관련된 인지 과제(Cognitive Task)를 시행시킨다.

[0034] 여기서, 인지 과제 시행은, 스피커와 같은 음성 수단 또는 LCD 모니터와 같은 표시 수단 등의 출력 수단을 통해 피험자에게 인지 과제의 시행을 요청하거나, 피험자 내부의 자발적인 진행으로 이루어 질 수 있다.

[0035] 뇌파 측정부(200)는, 인지 과제 시행부(100)에 의한 인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정한다.

[0036] 일 실시 예에서, 뇌파 측정부(200)는, 헤드셋 형태 또는 두피 부착형으로 두피와 접촉된 전극으로부터 측정된 전위를 증폭, 필터링 및 주파수 분석 등을 통하여 뇌파를 측정하는 뇌파 측정 장치로 형성될 수 있다. 다만, 본 발명에 의한 뇌파 측정은 상술한 수단에 한정되는 것은 아니며, 인간의 뇌파를 측정할 수 있는 수단이면 그 종류에 제한되는 것은 아니다.

[0037] 뇌파 스펙트럼 분석부(300)는, 뇌파 측정부(200)에서 측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼(Power Spectrum)을 분석한다.

[0038] 일 실시 예에서, 뇌파 스펙트럼 분석부(300)는, 뇌파의 주파수 분석법(周波數 分析法)에 사용되는 장치로서, 널리 사용되고 있는 FFT(Fast Fourier Transform) 스펙트럼 분석기 또는 웨이블릿 분석기(Wavelet

Transformation) 등이 사용될 수 있다.

[0039] 주파수 설정부(400)는, 뇌파 스펙트럼 분석부(300)에서 분석된 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크(Peak) 주파수를 해당 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)로 설정한다.

[0040] 주파수 동조부(500)는, 주파수 설정부(400)에서 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조(Resonance)를 유발한다.

[0041] 일 실시 예에서, 주파수 동조부(500)는, 경두개 전류 자극기(tCS, transcranial Current Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시킬 수 있다.

[0042] 여기서, 경두개 전류 자극기는, 비침습적 신경 기능 제어기로, 특정 인지 기능과 연관된 주파수 대역을 갖는 전류로 뇌를 자극하여 해당 인지 기능을 의도적으로 제어하는 장치로서, 특히 교류 전류(AC)의 사용이 가능한데 이를 tACS(transcranial Alternating Current Stimulation)라 한다(도 3 참조).

[0043] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치는, 운영체제(Operation System; OS), 즉 시스템을 기반으로 다양한 소프트웨어를 실행하거나 제작할 수 있다. 상기 운영체제는 소프트웨어가 장치의 하드웨어를 사용할 수 있도록 하기 위한 시스템 프로그램으로서, 안드로이드 OS, iOS, 윈도우 모바일 OS, 바다 OS, 심미안 OS, 블랙베리 OS 등 모바일 컴퓨터 운영체제 및 윈도우 계열, 리눅스 계열, 유닉스 계열, MAC, AIX, HP-UX 등 컴퓨터 운영체제를 모두 포함할 수 있다.

[0044] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 장치의 각 구성에 의한 뇌파 동조 방법은 도 2 이하의 방법 설명에서 후술한다.

[0046] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법을 설명하는 순서도이다.

[0047] 일반적으로, 뇌파의 각 주파수별 성분은 각각의 해당 인지 기능(Cognitive Function)과 관련이 있다. 예를 들면, 4 ~ 8Hz의 주파수를 갖는 세타(Theta)파의 경우 작업 기억(Working Memory)과 관련이 있고, 8 ~ 13Hz의 주파수를 갖는 알파(Alpha)파의 경우 주의 집중(Attention)이나 억제(Inhibition) 기능과 관련이 있다. 또한, DC ~ 4Hz의 주파수를 갖는 저주파인 델타(Delta)파의 경우 수면 기능과 관련이 있는 등, 인간 뇌파의 주파수별 속성은 특정 인지 기능을 선택적으로 나타낸다고 할 수 있다.

[0048] 다만, 동일한 주파수 대역이라고 할지라도, 해당 인지 기능을 나타내는 주파수의 개인별 고유 인지 주파수(ICF, Individual Cognitive Frequency)가 존재한다.

[0049] 도 2를 참조하면, 고유 인지 주파수 동조 방법은, 먼저 피험자에게 특정 인지 기능과 관련된 인지 과제(Cognitive Task)를 시행시킨다(S210).

[0050] 상술한 단계 S210에서 인지 과제 시행은, 스피커와 같은 음성 수단 또는 LCD 모니터와 같은 표시 수단 등의 출력 수단을 통해 피험자에게 인지 과제의 시행을 요청하거나, 피험자 내부의 자발적인 진행으로 이루어 질 수 있다.

[0051] 상술한 단계 S210에서 요청될 수 있는 인지 과제로서는, 작업 기억(Working Memory) 과제, 주의 집중(Attention) 과제 또는 억제 제어(Inhibitory Control) 과제 등이 있을 수 있다.

[0052] 예를 들어, 작업 기억의 경우, 실험자가 불특정의 숫자 서너 개를 제시한 후 기억하라고 피험자에게 요구하여 잠시 동안 해당 정보를 피험자가 머릿속에 유지(retention)하도록 한다. 그 다음 실험자가 피험자에게 특정 숫자를 제시하면서 이 숫자가 기존에 제시되었던 숫자에 있었는지를 물어보고, 피험자가 정 반응을 하게 되면, 작업 기억을 제대로 수행한 것으로 평가할 수 있다.

[0053] 상술한 단계 S210에 의한 인지 과제를 시행 중인 피험자의 뇌파를 측정한다(S220).

[0054] 일 실시 예에서, 상술한 단계 S220에서의 뇌파의 측정 방법은, 헤드셋 형태 또는 두피 부착형으로 두피와 접촉된 전극으로부터 측정된 전기를 증폭, 필터링 및 주파수 분석 등을 통하여 뇌파를 측정하는 뇌파 측정 장치를 통해 측정할 수 있다. 다만, 본 발명에 의한 뇌파 측정은 상술한 수단에 한정되는 것은 아니며, 인간의 뇌파를 측정할 수 있는 수단이면 그 종류에 제한되는 것은 아니다.

[0055] 상술한 단계 S220에서 측정된 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼(Power Spectrum, 불규칙하게 분포하는 스

펙트럼 밀도)을 분석한다(S230).

[0056] 상술한 단계 S220에서 측정된 뇌파에는, 단계 S210에 의한 인지 과제의 수행에 따른 특정 인지 기능과 관련된 특징적 뇌파의 변화를 선별적으로 추출하기 위해 피험자 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼을 분석하게 된다.

[0057] 상술한 단계 S220에서 측정된 뇌파를 분석하기 위해 다양한 뇌 신호 분석방법을 이용할 수 있다.

[0058] 첫째로, 교차 주파수 간 동조 연구(CFC, Cross-Frequency Coupling)는 저주파 뇌파의 위상이 고주파 뇌파의 진폭을 제어하는 관계를 분석할 수 있다.

[0059] 둘째로, 뇌 신호의 인과적 연결성(Granger causality) 분석은 기능적으로 상호 연결된 뇌 영역 간의 인과적 연결성 분석을 통해 뇌 자극의 효과를 분석할 수 있다.

[0060] 셋째로, 뇌파 시간-주파수축(TF, Time Frequency) 분석은 뇌파 신호의 시간-주파수간의 상호 관계를 실험 조건별로 비교 분석할 수 있고, 각 주파수 성분별로 해당 영역 간 위상을 분석할 수 있다.

[0061] 상술한 단계 S230에서 분석된 파워 스펙트럼의 각 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 가지는 피크(Peak) 주파수를 인지 과제를 시행하는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수로 설정한다(S240).

[0062] 즉, 본 발명의 경우, 동일한 주파수 대역일지라도, 해당 주파수 대역 전체를 대략적으로 선택하는 대신, 해당 인지 기능을 나타내는 주파수의 개인별 고유 인지 주파수만을 세밀하게 특정하여 활용함으로써, 개인별 뇌파 속성의 차이를 고려한 보다 신뢰도 높은 뇌파 동조를 제공할 수 있다.

[0063] 여기서, 개인별 고유 인지 주파수는, 상술한 단계 S210에서 시행된 인지 과제에 해당하는 인지 기능을 최적으로 반영하는 개인별 뇌파 주파수의 진동수 값이다.

[0064] 종래의 기술들은, 주파수 밴드 전체를 모호하게 대별하고 있다. 예를 들어, 세타파 대역이면, 4 ~ 8Hz를 맹목적으로 하나로 평가해서 진행하는 방식으로서, 이는 평균이 가지고 있는 오류를 그대로 안고 있을 뿐만 아니라, 개인 고유 주파수의 의미를 희석시킬 수 있다는 문제점을 가지고 있다.

[0065] 이러한 문제를 해결하기 위해 본 발명에서는, 사람마다 다른 개인별 고유 주파수인 피크(Peak) 주파수를 선택적으로 특정하여 활용함으로써, 종래의 방법보다 진보된 뇌파 측정 방법 및 뇌 자극 방법을 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 뇌파 분석 측면에서도 합리적이고 과학적인 방법을 제공할 수 있다.

[0066] 상술한 단계 S240에서 설정된 특정 인지 기능을 대별하는 개인별 고유 인지 주파수의 확인 방법은 다음과 같다.

[0067] 일반적으로 특정 인지 과제의 시행 중에 발생하는 뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼의 분석을 통해서, 해당 인지 과제 수행에 필요한 인지 기능을 가장 잘 나타내는 주파수 대역에서 가장 큰 진폭 값을 나타내는 피크(peak) 주파수가 해당 인지 과제에서의 개인별 고유 인지 주파수가 된다.

[0068] 예를 들어, 작업 기억 과제(task)는 실험자가 피험자에게 불특정 숫자 서너 개를 제시한 후 기억하라고 요구하여 잠시 동안 해당 정보를 피험자가 머릿속에 유지하도록 한 다음에 실험자가 피험자에게 특정 숫자를 제시하면서 이 숫자가 기존에 제시되었던 숫자에 있었는지를 평가하는 것이다. 이러한 작업 기억 과제(task)의 경우에 있어서, 피험자가 제대로 수행했다면 해당 정보를 머릿속에 유지하는 동안 측정된 뇌파는 4 ~ 8Hz 사이의 세타파 영역이 우세하게 측정될 것이다. 이는, 여러 뇌파 중 세타파가 작업 기억(Working Memory)과 밀접하게 관련이 있기 때문이다.

[0069] 다만, 측정된 4 ~ 8Hz 사이의 세타파라고 할지라도, 피험자별로 과제 수행 중에 측정된 뇌파의 경우 어떤 이는 5Hz가 강렬하고, 어떤 이는 7Hz가 강렬한 파워 스펙트럼(Power Spectrum)을 보이는 등 개인별로 차이점을 보이게 된다.

[0070] 이것은, 동일한 인지 과제를 수행하고 있는 피험자라고 할지라도, 피험자별로 해당 인지 과제 수행에서의 개인별 고유 인지 주파수는 다를 수 있기 때문이다.

[0071] 서로 다른 개인별 고유 인지 주파수를 가지는 피험자의 개인별 고유 인지 주파수는, 피험자별 뇌파를 FFT(Fast Fourier Transform)와 같은 파워 스펙트럼 분석을 실시함으로 용이하게 측정할 수 있다.

[0072] 상술한 단계 S230에서는, 일 실시 예로 Sternberg task(피험자가 특정 항목 목록을 잠시 동안 머릿속에 유지하게 한 후에 특정 항목이 목록에 있는지를 확인하여, 피험자의 작업 기억 능력을 평가하는 과제) 또는 N-back task(자극을 연속적으로 보여주고, 제시된 자극 들의 목록에서 특정 자극의 N번째 자극 이후에 등장한 자극이 N번째 전에 나온 자극과 동일한 지를 피험자에게 물어서 작업 기억(Working Memory) 평가하는 과제) 등과 같은

작업 기억 평가 방법을 활용하여 피험자의 특정 인지 기능(이 경우 작업 기억)과 측정된 개인별 고유 인지 주파수 간의 연관성을 실시간으로 확인할 수 있다.

[0073] 예를 들어, 3-back task라면, 줄줄이 숫자나 문자 자극이 피험자에게 제시될 때에, 현재 제시된 자극이 3번째 전에 제시된 자극과 동일한 자극인지를 판별하는 과제로, 이 역시 해당 정보를 특정 시간 동안 피험자가 머릿속에 유지하고 있어야 하므로, 작업 기억 평가에 활용될 수 있다.

[0074] 이 밖에, 주의 집중(Attention) 관련 과제 또는 억제 제어(Inhibitory Control) 과제 등을 활용할 수 있다.

[0075] 본 발명에 의한 개인별 고유 인지 주파수는, 시간에 따라 크게 변하지 않는데, 이는 인간의 뇌는 해부학적 구조 및 뇌 지역 간의 연결이 개인별로 특화되어 있기 때문이다. 이로 인해, 해당 뇌 구조에서 발생시키는 특정 뇌파의 주파수에 고유성이 존재하며, 이는 시간에 따라 비교적 안정적이다.

[0076] 다만, 인지 과제의 종류나 난이도에 따라서 개인 안에서도 해당 주파수 대역의 고유 주파수가 이동될 수 있으나, 일정한 인지 과제 안에서는 안정적으로 개인별 해당 고유 주파수가 존재한다.

[0077] 상술한 단계 S240에서 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시켜 특정 인지 기능과 관련된 피험자의 뇌파와 동조(Resonance)를 유발한다(S250).

[0078] 일 실시 예에서, 동조를 유발하는 단계(S250)는, 개인별 고유 인지 주파수로 설정된 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 갖는 교류 전류를 발생시킬 수 있다.

[0079] 후술하는 바와 같은 경두개 전류 자극기는, 교류 주파수와 직류 주파수의 교차 사용이 가능하다. 즉, 직류로 해당 뇌파 전위를 특정 위치까지 올린 다음에, 교류로 변화를 주거나 하는 방법이 그 예가 될 수 있다. 다만, 이 경우에도, 뇌파는 일반적으로 진동파(교류 성분)이기 때문에 교류 주파수를 사용함이 바람직하다.

[0080] 일 실시 예에서, 동조를 유발하는 단계(S250)는, 경두개 전류 자극기(tCS, transcranial Current Stimulation)를 이용하여 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시킬 수 있다.

[0081] 여기서, 경두개 전류 자극기는, 비침습적 신경 기능 제어기로, 특정 인지 기능과 연관된 주파수 대역을 갖는 전류로 뇌를 자극하여 해당 인지 기능을 의도적으로 제어하는 장치로서, 특히 교류 전류(AC)의 사용이 가능한데 이를 경두개 교류 전류 자극기(tACS, transcranial Alternating Current Stimulation)라 한다.

[0082] 실생활에서 활용할 수 있는 비침습적 신경 기능 제어 기기 중에는, 상술한 경두개 전류 자극기가 있다. 경두개 전류 자극기는, 직류(DC)뿐 아니라, 교류(AC)를 사용해서도 비침습적으로 뇌 속을 자극할 수 있고, 직류(DC)와 교류(AC)를 결합한 전류(otDCS, oscillatory tDCS)를 이용할 수 있다. 다만, 뇌파가 진동파라는 점을 고려하면, 교류를 사용하여 특정 인지 기능과 연관이 있는 주파수 대역을 자극함으로써, 해당 인지 기능을 선택적이고 의도적으로 제어함이 바람직하다.

[0083] 뇌를 자극하는 다른 방법으로, 경두개 자기 자극법(TMS, Transcranial Magnetic Stimulation)이 있다. 경두개 자기 자극기(TMS)는 정확한 시점에 단일 펄스를 가하거나 반복적인 경두개 자기 자극법(rTMS, repetitive transcranial magnetic stimulation)과 같이 패턴화된 프로토콜로 자기장 펄스를 가할 수 있다.

[0084] 뇌를 자극하는 또 다른 방법으로, 저강도(low-intensity) 집속 초음파 자극법(FUS, Focused Ultrasound Stimulation)이 있다. 저강도(low-intensity) 집속 초음파 자극법(FUS, Focused Ultrasound Stimulation)은 기존의 경두개 자기 자극법(TMS)과 경두개 전류 자극법(tCS)과 비교해, 보다 초점이 정확하고 세밀하여 뇌의 깊은 부분까지 밀리미터(㎜) 스케일의 공간 정확도로 자극을 가할 수 있다.

[0085] 다만, 경두개 전류 자극법(tCS)이 뇌파 모양과 가장 흡사하게 뇌파를 동조시킬 수 있어 가장 효율적인 방법이다.

[0086] 본 발명에서는 비침습적인 경두개 전류 자극기의 교류 성분을 이용해서(tACS), 해당 인지 기능을 대별하는 개인별 고유 인지 주파수와 동일한 교류 주파수를 발생시켜 뇌 속의 해당 고유 인지 주파수의 동조(Resonance)를 유발함으로써, 해당 뇌(인지 혹은 신경) 기능의 증강이나 감퇴를 선택적이고 의도적으로 제어할 수 있다.

[0088] 도 3은 경두개 전류 자극기의 장착 예시를 나타낸 것이다.

[0089] 도 3을 참조하면, 피험자의 머리에 경두개 전류 자극기를 장착한 상태에서 해당 인지 과제를 수행하도록 하여 뇌파를 측정할 수 있고, 동시에 해당 인지 과제 수행 중에 발생하는 피크 주파수와 동일한 주파수 또는 동일한 파형을 발생시켜서 비침습적인 방법으로 뇌를 자극할 수 있다.

[0091] 도 4 내지 도 6은 Christoph S. Herrmann et al.(2015, "Increase in short-term memory capacity induced by down-regulating individual theta frequency via transcranial alternating current stimulation")에 의해 측정된 경두개 교류 자극 전/후의 디지트 스팬 과제(Digit Span Task)에 의한 과제 관련 뇌파(Task-Related EEG)의 진폭 변화를 나타낸 그래프이다.

[0092] 도 4 내지 도 6의 그래프의 점선은 tACS에 의한 진폭 그래프이고, 실선은 sham control protocol에 의한 주파수별 뇌파의 진폭 그래프이다.

[0093] 도 4는 사전 자극에 의한 뇌파의 진폭, 도 5는 사후 자극에 의한 뇌파의 진폭이고, 도 6은 사전 자극으로부터 사후 자극까지의 상대적인 뇌파 진폭의 증가 비율을 나타낸 그래프이다.

[0094] 도 4 내지 6에 있어서, 회색 영역은 통계적으로 분석된 4Hz와 8Hz 사이의 관심 주파수 영역이며, 오차 막대는 평균으로부터 ±1 표준 오차를 나타내며, 별표는 그룹 간의 유의미한($p < 0.05$) 차이를 나타낸다.

[0095] 도 4 내지 6을 참조하면, 사전 자극(도 4)에 비례한 주파수 특이 진폭 증가뿐만 아니라, 사전 자극(도 4) 및 사후 자극(도 5)의 디지트 스팬 과제로부터의 주파수 스펙트럼이 도시되어 있으며, 6.7Hz에서 두 그룹 간의 눈에 띄는 차이점을 확인할 수 있다.

[0096] 일 실시 예에서, 동조를 유발하는 단계(S250)는, 특정 인지 기능을 담당하는 피험자의 뇌 부분에서 해당 고유 인지 주파수의 동조를 발생시킬 수 있다.

[0097] 일반적으로, 일반 지능 및 그것과 관련이 있는 작업 기억이나 추론 같은 인지 능력에 일관되게 관여하는 뇌 부위는 주로 뇌의 바깥쪽(또는 옆쪽) 표면에 위치하는 반면, 타인과 자신에 대한 사고는 주로 뇌의 중앙 주위를 사용하게 되는 바, 해당 인지 기능을 담당하고 있는 부위를 특정하여 주파수를 발생시킴으로써 뇌파와의 동조를 보다 효율적으로 수행할 수 있다.

[0099] 도 7은 뇌 자극의 전극 위치 및 뇌파 측정 위치를 나타내는 EEG 캡의 모형도다.

[0100] 도 7을 참조하면, 두피에 접촉되는 32개의 전극이 부착된 EEG 캡으로 전극의 위치는 국제 규격인 10-10 시스템에 의해 두부에 고르게 배치됨을 알 수 있다. 전극과 두피 사이에는 전해질 젤(electrode gel)을 주입하여 입력 임피던스를 조절할 수 있다. 전극에서 계측된 뇌파 신호는 증폭기를 거쳐 일정한 간격으로 정량화될 수 있다.

[0101] 일 실시 예에서, 작업 기억 과제(task) 수행 과정에서 주로 자극이 되는 뇌의 주요 위치는 좌측 전전두엽(prefrontal cortex)이다. 경두개 교류 전류 자극기(tACS)에 의해 자극이 되는 전극은 도 7의 좌측 상단에 굵은 원으로 표시된 전극(F3)이며, 자극 전류를 반환받는 전극은 자극이 되는 전극(F3)을 중심으로 상하좌우에 굵은 네모로 표시된 전극(Fp1, Fz, F7, C3)이다. 다만, 이러한 위치는 선행 연구 결과에 따라 임의적으로 정한 것으로 해당 위치에 한정되는 것은 아니다.

[0102] 일 실시 예에서, 인지 과제를 시행하는 단계(S210)는, 제1 인지 기능과 관련된 제1 인지 과제와 제1 인지 기능과 다른 인지 기능인 제2 인지 기능과 관련된 제2 인지 과제를 각각 시행할 수 있다.

[0103] 다만, 제1 인지 과제와 제2 인지 과제의 시행의 순서는 문제되지 아니하며, 제1 인지 과제와 제2 인지 과제의 시행이 서로 관여 없이 독립적으로 시행된다면, 과제의 시행은 동시 또는 이시에 시행되어도 무방하다.

[0104] 일 실시 예에서, 개인별 고유 인지 주파수로 설정하는 단계(S240)는, 제1 인지 과제의 시행을 통해 설정된 개인별 고유 인지 주파수를 제1 고유 주파수로 설정하고, 제2 인지 과제의 시행을 통해 설정된 개인별 고유 인지 주파수를 제2 고유 주파수로 설정할 수 있다.

[0105] 일 실시 예에서, 동조를 유발하는 단계(S250)는, 서로 다른 주파수를 가지는 제1 고유 주파수와 제2 고유 주파수를 피험자의 뇌파와 동시에 융합 동조(즉, 제1 고유 주파수 및 제2 고유 주파수를 포함하고 있는 주파수를 이용한 동조)시킬 수 있다.

[0106] 본 발명에 의한 뇌파 동조는, 서로 다른 주파수를 가지는 제1 고유 주파수와 제2 고유 주파수를 개별적으로 동조(예를 들어, 제1 고유 주파수의 동조가 완료된 후, 제2 고유 주파수를 동조시키거나, 또는 그 역순)시킬 수 있을 뿐만 아니라, 상술한 바와 같이 동시에 피험자의 뇌파와 융합 동조시켜도 무방하다.

[0107] 일 실시 예에서, 인지 과제를 시행하는 단계(S210)는, 복수 개의 인지 기능이 융합된 인지 과제를 시행할 수 있다. 예를 들어, A 인지 기능과 B 인지 기능이 융합된 형태의 복합적 성격의 C 인지 기능과 관련된 인지 과제를 시행할 수 있다.

[0108] 상술한 바와 같은 단계를 가지는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법은, 동조를 유발한 주파수를 통해 피험자의 뇌에 비침습적 신경 자극을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0109] 본 발명에 따른 비침습적 신경 자극은, 상술한 바와 같은 경두개 전류 자극기를 통해서 수행될 수 있다. 즉, 경두개 전류 자극기를 통해 특정 인지 기능과 연관된 주파수 대역을 갖는 전류로 뇌를 자극함으로써, 해당 인지 기능의 증강이나 감퇴를 의도적으로 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 해당 제어의 정확도 및 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0110] 상술한 바와 같은 단계를 가지는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법은 전두엽의 집행기능, 의사결정 기능, 학습 기능, 지능, 창의성, 수면의 질 및 기억 고착화와 같은 뇌 기능을 개선할 수 있다.

[0112] 도 8은 실험에 적용된 세타-감마 위상-진폭 동조(PAC)-tACS 기반 전류 뇌 자극 패턴 모델의 파형도이다.

[0113] 도 8을 참조하면, X축은 시간(second, sec), Y축은 진폭(Amplitude, μA)을 나타내며, 파형은 시간의 흐름에 따른 5개의 전극(F3, Fp1, Fz, F7, C3)에서 나타나는 진폭(Amplitude)의 변화를 나타낸다.

[0114] 경두개 교류 전류 자극기(tACS, transcranial Alternating Current Stimulation)는 위상-진폭 동조(PAC, Phase-Amplitude Coupling)를 기반으로 하여 개인별 중심 주파수(IDF, Individual Dominant Frequency) (예를 들면, 개인별 세타 주파수(ITF, Individual Theta Frequency)) 중심의 자극 패턴을 적용하여 뇌 자극 신호를 형성할 수 있다. 경두개 교류 전류 자극기(tACS)는 형성된 자극 신호를 이용하여 주파수 변화가 포함된 전류 자극 신호를 제시할 수 있다. 전류 자극 신호는 자극 개시 구간, 자극 지속 구간, 자극 종료 구간으로 나뉜다.

[0116] 도 9는 세타-감마 CFC tACS 자극시간 및 자극 개시 구간(ramp-up), 자극 지속 구간 및 자극 종료 구간(ramp-down)의 모식도이다.

[0117] 일 실시 예에서, 경두개 교류 전류 자극기(tACS)는 자극 개시 구간(ramp-up)과, 자극 종료 구간(ramp-down)은 각각 10초이며, 뇌 자극 지속 구간인 20분을 포함하여 총 20분 20초간 피험자의 뇌를 자극할 수 있다.

[0118] 이때, 뇌 자극을 가하는 그룹(stim 그룹, Real stimulation)에게는 20분 20초 동안 자극이 가해지고, 뇌 자극을 가하지 않는 그룹(sham 그룹, Sham stimulation)에게는 자극 개시 구간(ramp-up)과 자극 종료 구간(ramp-down)만 자극이 제공된다. 대조군(sham 그룹)과 실험군(stim 그룹)을 구분함으로써 자극에 따른 뇌 기능 향상 여부를 알 수 있다.

[0120] 도 10은 작업 부하 3 조건 하에서 작업 기억 과제(task)를 시행하는 과정의 예시도이다.

[0121] 작업 부하는 작업 기억 과제에서 제시되는 자극의 개수를 의미한다. 즉, 피험자가 잠시 동안 기억해야 할 자극의 개수가 많으면 많을수록 피험자 작업 기억의 부하가 높게 걸리게 된다. 작업 부하 3(W3)은 3개, 작업 부하 5(W5)는 5개, 작업 부하 7(W7)은 7개의 목록을 피험자의 작업 기억 상에 기억하고 있어야 한다. 작업 기억 과제에서 제시되어 기억해야 할 자극의 개수에 따른 작업 기억 부하를 달리함으로써 뇌 자극에 의한 뇌 기능의 개선 효과를 점진적으로 알 수 있다.

[0122] 첫 번째 단계는 기억해야 할 자극 목록을 제시하여 피험자가 제시된 자극 목록을 작업 기억에 저장하는 단계이다. 이때, 자극은 L1 - F2 - Y3와 같이 영문과 숫자가 혼용된 형태로 제시될 수 있다.

[0123] 두 번째 단계는 기억을 보유(retention)하는 단계이다. 일 실시 예에서, 실험에서는 약 2초간 대기하나, 이와 같은 작업 기억 보유 시간은 2초로 한정되는 것은 아니다.

[0124] 세 번째 단계는 정답과 오답을 판단하는 단계이다. 즉, 일정한 작업 기억 보유 시간이 지난 후, 임의의 테스트 자극을 제시하고, 그 자극이 사전에 제시된 자극 목록에 있었던 것인지 아닌지를 통해 작업 기억을 테스트할 수 있다.

[0125] 상술한 바와 같은 단계를 가지는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 뇌 자극 방법에 의해 제공되는 작업 기억 증강은 반응 시간(reaction time)과 정답률(accuracy)의 두 가지 측면에서 고려할 수 있다.

[0126] 반응 시간(RT, Reaction time)은 상기 세 번째 단계에서 테스트 자극을 제시하고, 피험자가 답을 선택할 때까지 걸리는 시간을 의미하며, 단위는 밀리 세컨드(㎳)이다.

[0127] 표 1을 참조하면, 뇌 자극 전과 뇌 자극 후의 반응 시간의 변화를 알 수 있다. 반응 시간에 의한 과제(task) 수행 능력(작업 기억 수행 속도)을 비교할 수 있다. 첫째, 반응 시간(RT)은 작업 부하가 높아질수록 길어지는 것

을 알 수 있다. 과제가 어려워질수록 피험자의 반응이 늦어지는 것을 알 수 있다. 둘째, 반응 시간(RT)은 뇌를 자극한 후에 모든 실험 그룹에서 빨라지는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 반복된 과제 수행으로 인한 학습 효과 때문인 것으로 추정된다. 셋째, 반응 시간(RT)은 작업 기억 난이도가 가장 높은 STIM 7 그룹의 감소폭이 가장 큰 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 난이도가 높은 과제에서 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 뇌 자극 방법의 효과가 가장 높게 나타났다고 할 수 있다.

[0128] [표 1]

[0129]

	뇌자극 전	뇌자극 후
STIM 3	732.46	661.09
SHAM 3	682.42	589.48
STIM 5	857.00	721.39
SHAM 5	757.30	709.23
STIM 7	886.84	747.01
SHAM 7	791.34	780.07

[0130] 여기서 STIM은 뇌를 실제로 자극하여 실험을 진행한 그룹을 의미하고, SHAM은 뇌를 실제로는 자극하지 않고 실험을 진행할 그룹을 의미한다. STIM과 SHAM 뒤의 3, 5, 7은 각각 작업 부하 3, 작업 부하 5 및 작업 부하 7을 의미한다.

[0131] 정답률(Accuracy, %)은 피험자의 반응 전체에 대한 정답 비율을 의미한다.

[0132] 표 2를 참조하면, 뇌 자극 전과 뇌 자극 후의 정답률의 변화를 알 수 있다. 첫째, 정답률은 작업 부하가 높아질수록 정답률이 낮아지는 것을 알 수 있다. 피험자가 과제를 수행하는 과정에서 과제가 어려워질수록 틀릴 가능성이 높아지는 것을 의미한다. 둘째, 정답률은 모든 실험 그룹에서 뇌를 자극한 후에 높아지는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 반복된 과제 수행으로 인한 학습 효과 때문인 것으로 추정된다. 셋째, 정답률은 STIM 7 그룹의 향상 폭이 가장 큰 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 난이도가 높은 과제에서 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 뇌 자극 방법의 효과가 가장 높게 나타났다고 할 수 있다.

[0133] [표 2]

[0134]

	뇌자극 전	뇌자극 후
STIM 3	94.98	96.89
SHAM 3	92.13	93.80
STIM 5	79.63	84.96
SHAM 5	80.39	86.97
STIM 7	74.06	83.89
SHAM 7	71.75	77.11

[0135] 여기서 STIM은 뇌를 실제로 자극하여 실험을 진행한 그룹을 의미하고, SHAM은 뇌를 실제로는 자극하지 않고 실험을 진행할 그룹을 의미한다. STIM과 SHAM 뒤의 3, 5, 7은 각각 작업 부하 3, 작업 부하 5 및 작업 부하 7을 의미한다.

[0137] 상술한 바와 같은 단계를 가지는 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법과 같은 분야는 이제 시작 단계이고, 쥐의 뇌파 동조를 광유전학을 사용하여 유도하여 수면 기능을 증대하거나, 경두개 전류 자극기에 의한 해당 뇌파의 영향이 90분 정도 지속된다는 보고도 있다. 그러나 아직까지는 인간의 개인별 고유 인지 주파수를 경두개 전류 자극기를 사용하여 동조시켜서 해당 인지 기능을 선택적으로 의도하는 방향으로 신뢰성 있게 제어하는 기술이 부족한 실정이다.

[0138] 예를 들어, 수면 방추 뇌파는 깊은 잠을 잘 때에 나타나고, 불면증에서는 적게 나타나는데, 이 경두개 전류 자극기-뇌파 동조 기반의 본 발명을 사용하여 이 수면 방추 뇌파를 사람에게 인위적으로 많이 생기도록 조절하면 불면증도 극복할 수 있다.

[0139] 또한, 시상(Thalamus)의 수면 방추파와 대뇌 피질의 서파(Slow Wave) 사이의 커플링(coupling)에 의한 기억력

증진이 동물 실험에서 최근 보고된 점을 유의하면, 본 발명을 통해서 인간의 기억 능력도 비침습적인 뇌파 동조 방법을 통해서 증진시킬 수 있을 것이다.

[0141] 상술한 바와 같은 개인별 고유 인지 주파수 동조 기반 인지 기능 증진 방법은, 애플리케이션으로 구현되거나 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

[0142] 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거니와 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0143] 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CDROM, DVD 와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[0144] 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0145] 이상에서는 실시 예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

[0147] 본 발명에 따르면, 비침습적인 뇌파 동조를 통해 실생활에 바로 활용할 수 있고, 뇌의 비침습적인 자극을 통해 학습과 기억 능력을 향상시키는 등의 교육, 사회적 또는 경제적 효과를 예상할 수 있다

부호의 설명

[0149] 100: 인지 과제 시행부

200: 뇌파 측정부

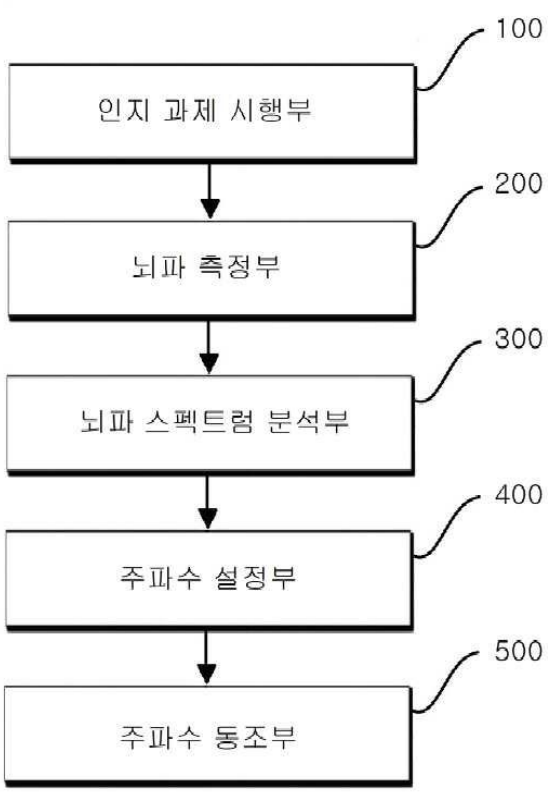
300: 뇌파 스펙트럼 분석부

400: 주파수 설정부

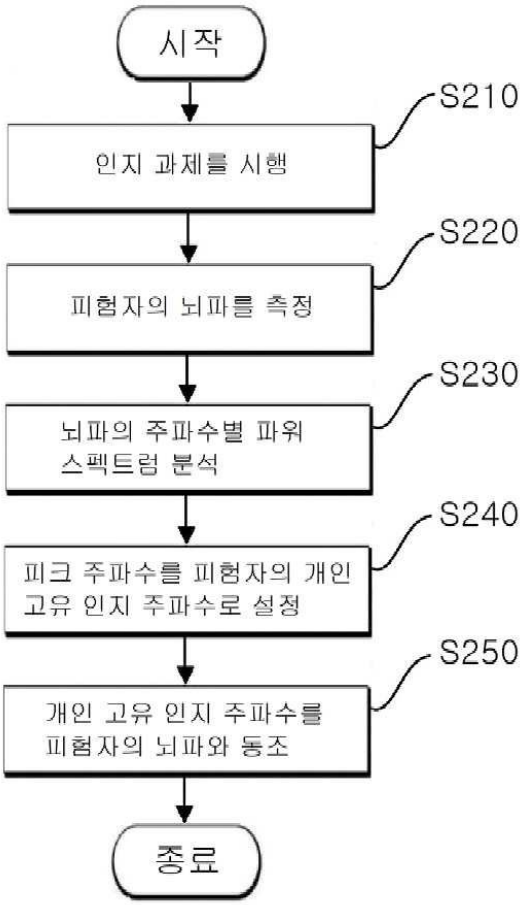
500: 주파수 동조부

도면

도면1



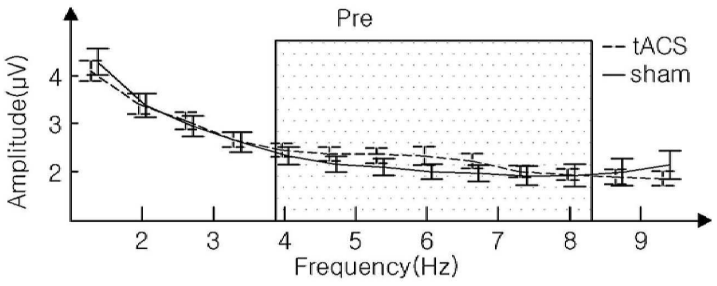
도면2


시작
S210
인지 과제를 시행
S220
피험자의 뇌파를 측정
S230
뇌파의 주파수별 파워 스펙트럼 분석
S240
피크 주파수를 피험자의 개인 고유 인지 주파수로 설정
S250
개인 고유 인지 주파수를 피험자의 뇌파와 동조
종료

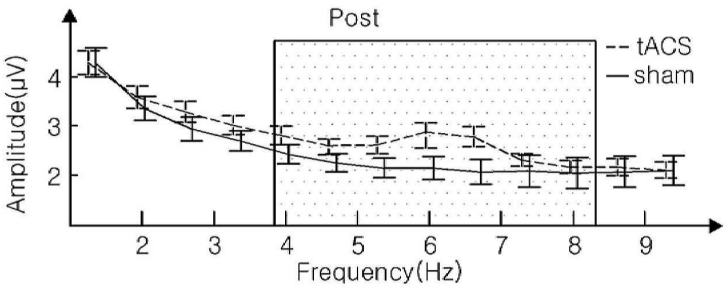
도면3



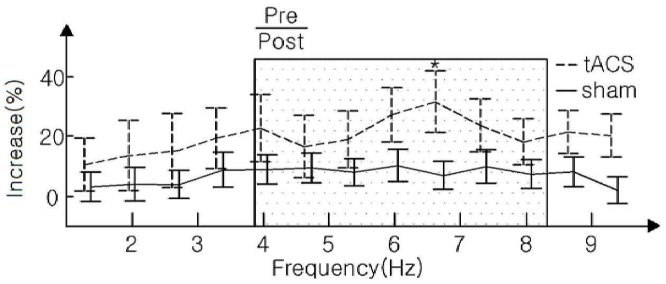
도면4


Pre
-- tACS
— sham
Amplitude(μV)
4
3
2
2
3
4
5
6
7
8
9
Frequency(Hz)

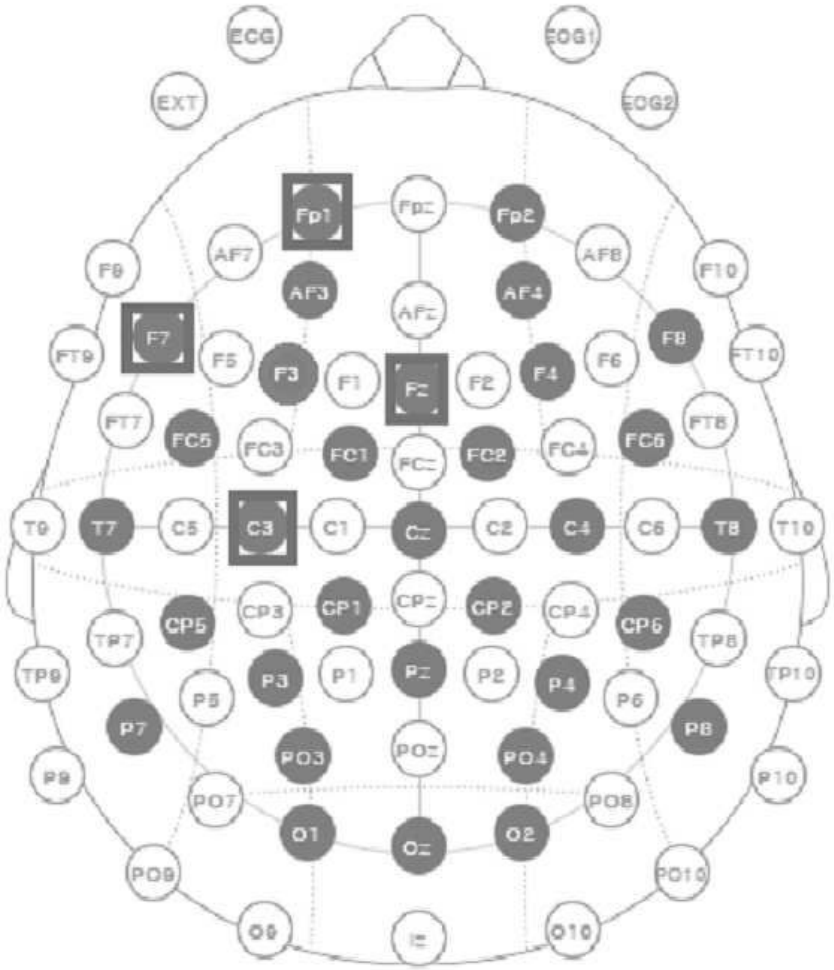
도면5


Post
-- tACS
— sham
Amplitude(μV)
4
3
2
2
3
4
5
6
7
8
9
Frequency(Hz)

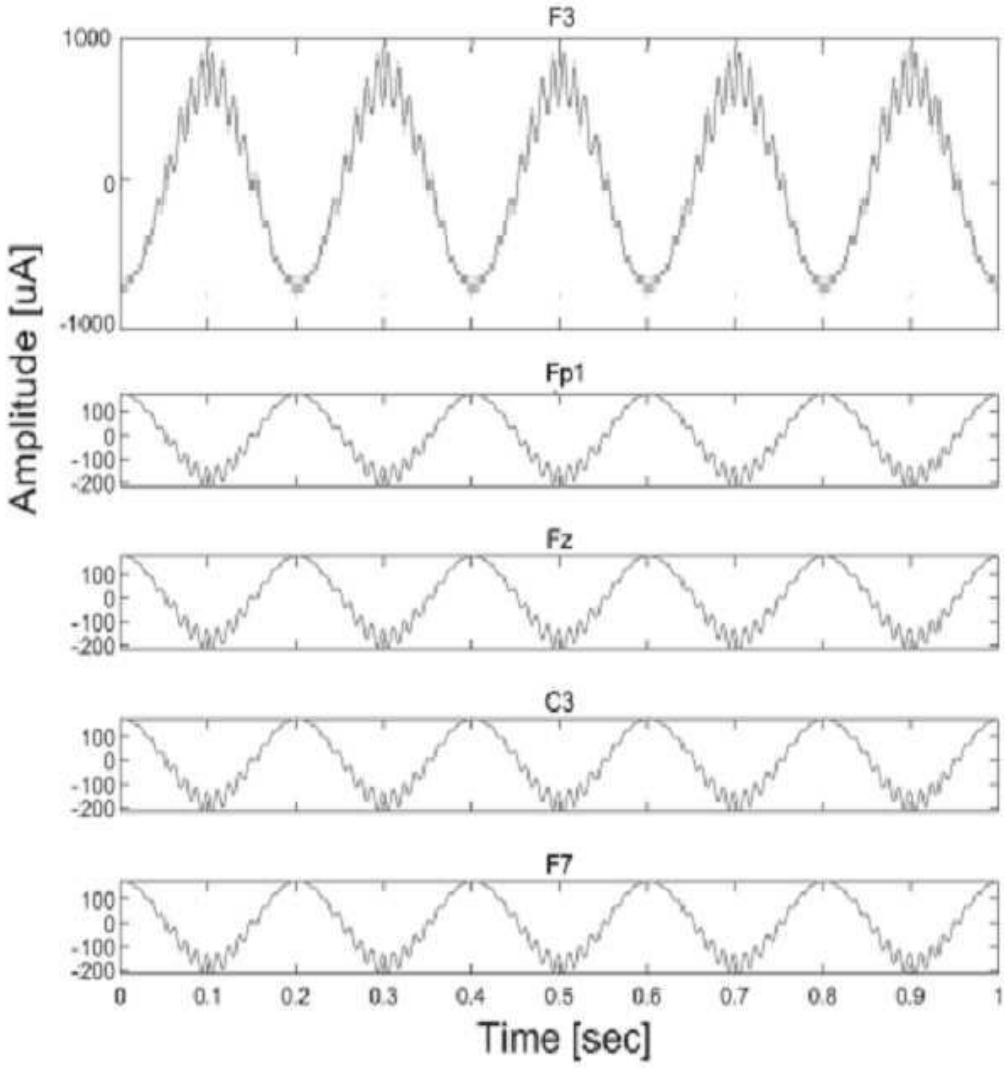
도면6


Pre
Post
-- tACS
— sham
Increase(%)
40
20
0
2
3
4
5
6
7
8
9
Frequency(Hz)

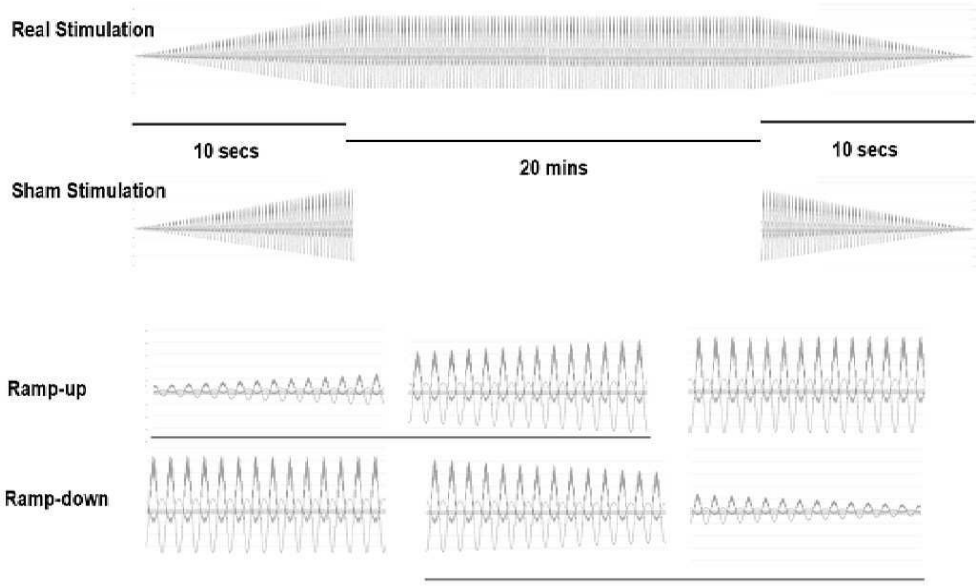
도면7


ECG
EOG1
EXT
EOG2
Fp1
Fpz
Fp2
AF7
AF3
AFz
AF4
AF8
F9
F10
F7
F5
F3
F1
Fz
F2
F4
F6
F8
FT9
FT10
FT7
FC5
FC3
FC1
FCz
FC2
FC4
FC6
FT8
T9
T7
C5
C3
C1
Cz
C2
C4
C6
T8
T10
CP5
CP3
CP1
CPz
CP2
CP4
CP6
TP7
TP8
TP9
TP10
P5
P3
P1
Pz
P2
P4
P6
P7
P8
P9
P10
PO7
PO3
POz
PO4
PO8
O1
Oz
O2
PO9
PO10
O9
Iz
O10

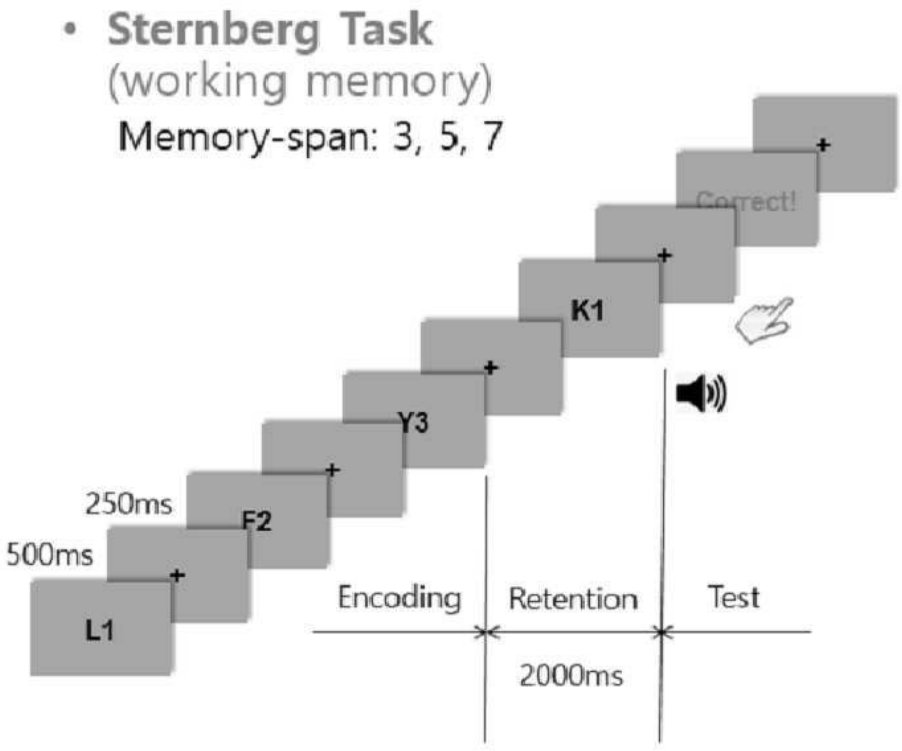
도면8


F3
1000
0
-1000
Fp1
100
0
-100
-200
Fz
100
0
-100
-200
C3
100
0
-100
-200
F7
100
0
-100
-200
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
Amplitude [uA]
Time [sec]

도면9


Real Stimulation
10 secs
20 mins
10 secs
Sham Stimulation
Ramp-up
Ramp-down

도면10


• Sternberg Task
(working memory)
Memory-span: 3, 5, 7
Correct!
K1
Y3
F2
250ms
500ms
L1
Encoding
Retention
Test
2000ms