



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0139184
(43) 공개일자 2024년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/36 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/055 (2006.01) A61N 1/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 1/36025 (2013.01)
A61B 5/0036 (2021.08)
(21) 출원번호 10-2023-0032744
(22) 출원일자 2023년03월13일
심사청구일자 2023년03월13일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
민병경
서울특별시 강동구 상암로 325, 1동 301호 (상일
동, 삼성빌라)
(74) 대리인
윤귀상

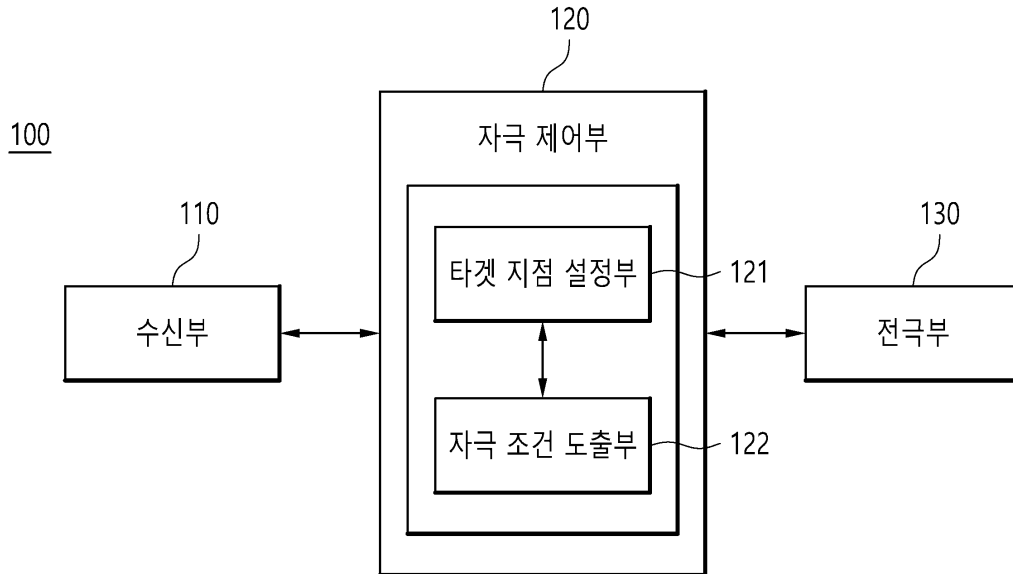
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 장치, 방법 및 기록 매체

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 장치는, 대상자의 뇌 영상을 수신하는 수신부; 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출하고, 상기 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 자극 제어부; 및 상기 자극 제어부로부터 도출된 자극의 조건에 따라 자극을 가하는 전극부를 포함하고, 상기 자극 제어부는, 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌의 활성화 영역인 타겟 영역의 해부학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정하는 타겟 지점 설정부; 및 상기 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 자극 조건 도출부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/0042 (2013.01)

A61B 5/055 (2022.01)

A61B 5/4088 (2013.01)

A61B 5/4836 (2021.08)

A61N 1/0456 (2013.01)

A61N 1/36031 (2017.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711156016
과제번호	2020M3C1B8081319
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	휴먼플러스융합연구개발챌린지사업
연구과제명	비침습적 뇌자극-뇌파 동조 기반 뇌기능 증강연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 장치로서,

대상자의 뇌 영상을 수신하는 수신부;

상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출하고, 상기 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 자극 제어부; 및

상기 자극 제어부로부터 도출된 자극의 조건에 따라 자극을 가하는 전극부를 포함하고,

상기 자극 제어부는,

상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌의 활성화 영역인 타겟 영역의 해부학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정하는 타겟 지점 설정부; 및

상기 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 자극 조건 도출부를 포함하는, 인지 처리 속도 제어 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며,

상기 자극 조건은 상기 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출되는 것인, 인지 처리 속도 제어 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라 상기 인지 처리 속도가 제어되되,

상기 자극 신호의 상기 위상을 빠르게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 빨라지고, 상기 자극 신호의 상기 위상을 느리게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 느려지는, 인지 처리 속도 제어 장치.

청구항 4

비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 방법으로서,

수신부가 대상자의 뇌 영상을 수신하는 단계;

자극 제어부가 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출하는 단계;

상기 자극 제어부가 상기 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 단계; 및

전극부가 상기 자극 제어부로부터 도출된 자극의 조건에 따라 자극을 가하는 단계;를 포함하되,

상기 자극 제어부가 상기 타겟 지점 및 상기 조건을 도출하는 단계;는

타겟 지점 설정부가 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌의 활성화 영역인 타겟 영역의 해부

학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정하는 단계; 및

자극 조건 도출부가 상기 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 단계;를 포함하는, 인지 처리 속도 제어 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며,

상기 자극 조건은 상기 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출되는 것인, 인지 처리 속도 제어 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라 상기 인지 처리 속도가 제어되며,

상기 자극 신호의 상기 위상을 빠르게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 빨라지고, 상기 자극 신호의 상기 위상을 느리게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 느려지는, 인지 처리 속도 제어 방법.

청구항 7

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 인지 처리 속도 제어 방법을 수행하는 컴퓨터 프로그램을 기록한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 장치, 방법 및 기록 매체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 대상자의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적의 타겟 지점과 자극 조건을 도출하고 이에 기초한 자극을 가하여 대상자 뇌 영역의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 장치, 방법 및 기록 매체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기를 다루는 의학 기술은 과학 기술의 진보와 함께 많은 발전이 있었으며, 현재 뇌심부자극술(deep brain stimulation)은 파킨슨병의 치료에 사용되고 있다. 하지만 침습 과정에서 필연적으로 발생하는 미세 두뇌 손상, 뇌수술 요구 등의 이유로 저비용, 저위험성을 가진 비침습 두뇌자극술이 각광받고 있다.

[0003] 비침습 두뇌자극술 중 경두개 전류 자극술(tCS: transcranial Current brain Stimulation)에는 tDCS(transcranial Direct Current Method), tACS(transcranial Alternating Current Method), tRNS(transcranial Random Noise Method) 등이 있다. tCS는 약물과 병행이 가능하며, 약물 치료와는 독립적인 기전의 치료법을 가지고 있어 뇌 부위를 조절하여 증상을 호전시킬 수 있다는 점에서 기대를 주고 있다. 미국(clinicaltrials.gov)과 국내(Clinical Research information Service)에서는 급속한 임상연구 사례가 늘고 있으며 관련 연구 결과들이 활발하게 보고되고 있다.

[0004] 이 중 tDCS는 일정한 세기의 직류 전류를 사용하여 뇌를 자극하는 기술이다. 경두개 자기 자극술(tMS: transcranial Magnetic Stimulation)이 자기장의 변화로 신경의 막전위 변화를 유발한다면, tDCS는 전류를 통해 직접적으로 신경을 활성화한다. 자극하려는 목표에 양극 전극(anode)을 위치하고 음극 전극(cathode)은 기준 전극이 되어 전류 회로를 생성하며 일반적으로 양극에서는 신경 활성화, 음극에서는 신경 억제가 일어난다.

[0005] 한편, tACS는 교류 전류를 사용하여 뇌파의 진동 변화를 유도한다. 특별히, 교류 뇌자극은 뇌파의 모양과 비슷해서 뇌의 해당 기능을 전자기파 동조를 통해서 제어하기에 유리하여, tACS를 이용하면 뇌파 진동 활동의 동조, 비동조가 일어나 관련된 뇌의 인지 기능을 변화시킨다. 교류 뇌자극의 주파수 특성에 따라 인지, 정서, 행동 등에 영향을 미친다는 점에서 tACS를 활용한 치료에 유의미한 효과가 기대되나, 현재까지는 단순히 뇌의 특정 영역에 뇌자극을 가해 영역에 해당하는 신경 기능을 제어하는 정도의 기술만 제공되고 있어, 교류 뇌자극의 특성을 활용한 치료 방법, 기술 등에 대한 요구는 충족되지 않고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-2334132호 (2021.11.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 신경 동역학(neuro-dynamics) 측면에서 해당 인지 기능과 관련된 뇌의 복수의 위치 사이의 신경 정보의 흐름을 밀어 주거나 당겨주는 역할을 하여 생각의 흐름을 조절하기 위한 인지 처리 속도 제어 장치, 방법 및 기록 매체를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예 중 제 1 측면에 따른 비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 장치는, 대상자의 뇌 영상을 수신하는 수신부; 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출하고, 상기 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 자극 제어부; 및 상기 자극 제어부로부터 도출된 자극의 조건에 따라 자극을 가하는 전극부를 포함하고, 상기 자극 제어부는, 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌의 활성화 영역인 타겟 영역의 해부학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정하는 타겟 지점 설정부; 및 상기 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 자극 조건 도출부를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며, 상기 자극 조건은 상기 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출되는 것일 수 있다.

[0010] 또한, 상기 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라 상기 인지 처리 속도가 제어되되, 상기 자극 신호의 상기 위상을 빠르게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 빨라지고, 상기 자극 신호의 상기 위상을 느리게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 느려질 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예 중 제 2 측면에 따른 비침습적 뇌자극을 통한 인지 처리 속도 제어 방법은, 대상자의 뇌 영상을 수신하는 단계; 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출하는 단계; 상기 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 단계; 및 상기 자극 제어부로부터 도출된 자극의 조건에 따라 자극을 가하는 단계;를 포함하되, 상기 타겟 지점 및 상기 조건을 도출하는 단계;는 상기 뇌 영상을 분석하여 상기 인지 처리를 수행하는 뇌의 활성화 영역인 타겟 영역의 해부학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정하는 단계; 및 상기 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며, 상기 자극 조건은 상기 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출되는 것일 수 있다.

[0013] 또한, 상기 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라 상기 인지 처리 속도가 제어되되, 상기 자극 신호의 상기 위상을 빠르게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 빨라지고, 상기 자극 신호의 상기 위상을 느리게 변화시키면 상기 인지 처리 속도가 상기 위상에 대응하여 느려질 수 있다.

[0014] 본 발명의 제 3 측면에 따르면, 제 1 측면의 인지 처리 속도 제어 방법을 수행하는 컴퓨터 프로그램을 기록한

기록 매체를 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, 현재, 비침습적 뇌자극을 통한 인지 기능별 증강 연구가 세계적으로 진행 중인 상황에서, 기존의 전형적인 뇌 특정 지점 기반의 정적인 뇌자극 패러다임을 넘어서는, 뇌 네트워크 기반의 서로 다른 지역 간의 동적인 정보 처리, 정보 흐름의 제어를 이용한 동적인 뇌자극 인지 기능 증강 기술이라는 새로운 패러다임을 창출하여, 뇌자극 기반 인간의 인지 기능 증강 분야에 크게 기여할 수 있다. 이를 통해, 다가오는 정신문명 시대에 인지 증강 효과의 극대화는 물론, 인지 기능이나 신경 기능 치료로 최적의 치료 효과와 진료비용을 최소화할 수 있다는 점에서 사회적, 의학적, 경제적 효과가 예상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 장치의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극부의 자극 전극들의 위치를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 타겟 지점에 따라 구성되는 자극 전극 조합을 도시한 도면이다.
- 도 4는 자극 전극을 통해 가해지는 자극의 위상에 따른 자극 신호의 파형을 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 5는 자극 신호에 기초한 자극이 타겟 지점에 가해질 때 타겟 지점의 자극 신호의 위상(phase) 변화 여부를 나타내는 신호의 크기를 패턴화한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법의 각 단계를 나타내는 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법 중 타겟 지점 및 조건을 도출하는 단계의 구체적인 단계를 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 도면을 참조한 본 발명의 설명은 특정한 실시 형태에 대해 한정되지 않으며, 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있다. 또한, 이하에서 설명하는 내용은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 이하의 설명에서 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용되는 용어로서, 그 자체에 의미가 한정되지 아니하며, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0019] 본 명세서 전체에 걸쳐 사용되는 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.
- [0020] 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 이하에서 기재되는 "포함하다", "구비하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것으로 해석되어야 하며, 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.
- [0021] 또한, 명세서에 기재된 "편부", "편기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0022] 본 발명에서는 위상을 비롯한 진폭, 주파수 등의 뇌 자극 조건의 조합을 통해 생성되는 자극을 뇌의 서로 다른 타겟 지점에 가했을 때 각 타겟 지점 간의 인지 처리 속도가 영향을 받는다는 과학적 사실에 기초하여, 본 발명의 실시예들을 이하의 도면들을 참조하여 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 장치(100)의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 인지 처리 속도 제어 장치(100)는 수신부(110), 자극 제어부(120) 및 전극부(130)를 포함할 수 있다. 자극 제어부(120)는 타겟 지점 설정부(121) 및 자극 조건 도출부(122)를 포함할 수 있다.
- [0026] 실시예에서, 수신부(110)는 대상자의 뇌 영상을 수신할 수 있다. 뇌 영상은 특정 인지 과제를 수행 중인 대상자의 하나 이상의 fMRI(기능성 자기공명영상, Functional magnetic resonance imaging)를 포함할 수 있다. 수신

부(110)는 뇌 영상을 fMRI 장치로부터 바로 수신 받거나, fMRI 장치와 연결되어 있는 또는 뇌 영상이 저장되어 있는 단말로부터 수신 받을 수 있다.

[0027] 실시예에서, 자극 제어부(120)는 뇌 영상을 분석하여 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출할 수 있다. 예를 들어, 자극 제어부(120)는 대상자가 특정 인지 과제를 수행함에 따라 활성화되는 대상자의 뇌 영역을 뇌 영상으로부터 도출하고, 검출된 영역을 타겟 영역으로 결정할 수 있다.

[0028] 또한, 자극 제어부(120)는 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출할 수 있다.

[0029] 여기서, 타겟 지점은 대상자의 뇌 영상을 분석하여 뇌에 위치하는 타겟 영역을 기준으로 자극을 가하고자 하는 지점으로 설정할 수 있다. 본 발명에서는 뇌의 다양한 인지 기능에 해당하는 각각의 뇌 영역을 타겟 지점으로 지칭할 수 있다.

[0030] 또한, 사람마다 뇌의 형태가 다르기 때문에 개인별 뇌 영상을 기반으로 자극을 가하기 위한 최적의 타겟 지점을 결정하는 것이 바람직할 수 있다. 이에, 자극 제어부(120)는 타겟 지점 설정부(121)를 통해 뇌 영상을 분석하여 도출된 타겟 영역의 해부학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정할 수 있다. 여기서, 해부학적 중심 좌표는 타겟 영역 중 배외측 전전두엽 피질(dorsolateral prefrontal cortex: DLPFC), 후측 두정 피질(posterior parietal cortex: PPC), 내측 전전두엽 피질(medial prefrontal cortex: mPFC), 후측 대상 피질(posterior cingulate cortex: PCC) 등의 활성화 뇌 노드들의 해부학적인 공간 해상도와 정밀도가 미리 설정된 값 이상으로 높은 좌표값에 대응하는 좌표일 수 있다.

[0031] 또한, 자극 제어부(120)는 자극 조건 도출부(122)를 통해, 타겟 지점 설정부(121)에 의해 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출할 수 있다. 여기서, 자극의 조건은 자극을 가하는 전극의 위치에 해당하는 자극 전극 조합, 자극의 세기, 주파수 및 위상 등에 대한 정보를 포함하는 자극 함수 등일 수 있다.

[0032] 구체적으로, 자극 제어부(120)는 자극 조건 도출부(122)를 통해, 대상자의 뇌 영상을 기반으로 도출된 해부학적 타겟 지점에 기초하여 자극 전극 조합을 시뮬레이션을 통해 결정할 수 있다. 예를 들어, 자극 조건 도출부(122)는 타겟 지점에 최적의 자극을 가하는 시뮬레이션 결과를 통해 최적의 자극 전극의 종류 및 위치를 자극 전극의 조합으로써 결정할 수 있다. 여기서, 자극 전극 조합은 설정된 타겟 지점을 기준으로 최적의 자극 전극과 두피 상에 배치되는 위치를 도출하기 위한 것이다.

[0033] 실시예에서, 자극 조건 도출부(122)는 N개의 전체 전극에서 타겟 지점에 따라 n개의 자극 전극을 선택하여 자극 전극 조합($K C_n$)을 만들 수 있다. 보다 구체적인 예로 도 2 및 도 3을 이용하여 설명하기로 한다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극부(130)의 자극 전극들의 위치를 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 타겟 지점에 따라 구성되는 자극 전극 조합을 도시한 도면이다.

[0035] 자극 조건 도출부는, 타겟 지점을 중심으로 대칭되고, 각 측에 적어도 2개의 자극 전극이 위치되어 쌍을 이룰 수 있도록 F5와 P5 그리고 F6과 P6을 자극 전극 조합으로 구성할 수 있다(도 3 참조). 이는 본 발명에서 일 예에 불과하므로, 전극 쌍들이 서로 대칭 구조를 이루는 것에 한정되지는 않는다.

[0036] 또한 자극 제어부는 구성된 자극 전극 조합에 대한 정보를 단말로 전송하거나, 디스플레이를 통해 나타내는 등 대상자 또는 사용자에게 자극 전극 조합에 대한 정보를 제공할 수도 있다.

[0037] 이와 같이 타겟 지점을 중심으로 양측에 위치하는 전극에는 각각 다른 자극 파형을 갖는 전류가 인가될 수 있는데, 이는 다른 위치의 전극에서 주파수나 위상 차이가 나도록 할 경우 자극 증강을 기대할 수 있고 이를 통해 타겟 영역을 효과적으로 자극할 수 있기 때문이다.

[0038] 다시 도 1을 참조하면, 실시예에서 전극부(130)는 도출된 타겟 지점 및 자극 조건에 따른 자극을 가할 수 있다. 전극부(130)를 통해 타겟 지점에 가해지는 자극은 인지 처리 속도 제어함수에 따라 도출된 자극 조건에 기초하여 결정될 수 있다.

[0039] 구체적으로, 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며, 자극 조건은 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출되는 것일 수 있다.

[0040] 일반적으로 뇌 영역에 따른 타겟 지점의 인지 처리 속도는 다양한 뇌 자극 조건(예: 위상, 진폭, 주파수 등)에 기초하여 생성되는 자극 신호에 대응하여 변화할 수 있다. 특히, 타겟 지점에 가해지는 자극 신호의 위상 차가

발생하면 타겟 지점의 인지 처리에 따라 발생하는 뇌 신호의 위상 변화가 발생하게 된다. 뇌 신호의 위상 변화는 결국 타겟 지점에서의 파동의 위상이기 때문에 거시적으로 인지 처리 속도를 나타내는 신호의 흐름은 빨라지거나 느려지는 것으로 보이게 된다.

[0041] 결과적으로, 인지 처리 속도를 나타내는 뇌 신호의 흐름은 3차원 공간에서 이어지는 각각의 타겟 지점에서의 위상들이 모여서 신호의 흐름을 나타내기 때문에, 타겟 지점 각각에서의 위상을 빠르게 변화시키면 인지 처리 속도가 빠르게 변화하고, 위상을 느리게 변화시키면 인지 처리 속도가 느리게 변화할 수 있다. 이하에서는, 인지 처리 속도 제어함수, 파동방정식 및 파동방정식의 해에 기초하여 자극 조건을 자극 신호로서 도출하고, 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라 인지 처리 속도를 제어하는 실시예에 대해 설명하도록 한다.

[0042] 실시예에서, 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며, 자극 조건은 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출될 수 있다.

[0043] 이와 관련하여, 3차원 공간의 파동방정식은 아래 수학식 1로 표현될 수 있고, 파동방정식의 해는 아래 수학식 2로 표현될 수 있다.

수학식 1

[0044]
$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

수학식 2

[0045]
$$y(x_i, t) = A_i \sin(kx_i - \omega t + \varphi_i)$$

[0046] (여기서, x_i 는 타겟 지점, t 는 시간, A_i 는 진폭, k 는 각파동수, ω 는 각진동수, φ_i 는 위상을 나타낸다.)

[0047] 실시예에서, 파동방정식의 특수해는 아래 수학식 3으로 표현될 수 있고, 특수해일 때 경계조건은 수학식 4로 표현될 수 있다.

수학식 3

[0048]
$$y(x_i, t) = A \sin(kx_i - \omega_i t) + A \sin(kx_i + \omega_i t) + B$$

[0049]
$$= 2A \sin(kx_i) \cos(\omega_i t) + B$$

[0050] (여기서, $2A \sin(kx_i)$ 는 진폭이 위치 x_i 의 함수임을 나타낸다.)

수학식 4

[0051]
$$y(0, t) = 0, y(L, t) = 0, x = \frac{2L}{n} (n = 1, 2, 3 \dots)$$

[0052] 관련하여, 파동의 중첩에 의한 간섭을 계산하기 위한 식은 수학식 5 및 6으로 표현될 수 있다.

수학식 5

$$y = y_1 + y_2$$

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

[0053]

[0054]

(여기서, φ 는 y_1 과 y_2 의 위상차를 나타낸다.)

수학식 6

$$y = 2A \cos \frac{\varphi}{2} \sin(kx - \omega t + \frac{\varphi}{2})$$

[0055]

[0056]

(여기서, $2A \cos \frac{\varphi}{2}$ 는 진폭항, $\sin(kx - \omega t + \frac{\varphi}{2})$ 는 파동항을 나타내고, 두 파가 중첩해도 각파동수 k , 각진동수 ω 값은 변하지 않는다.)

[0057]

실시예에서, 인지 처리 속도는 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라서 제어될 수 있으므로, 상술한 수학식들에 기초하여 자극 신호의 위상을 빠르게 변화시키면 인지 처리 속도는 위상에 대응하여 빨라지고, 자극 신호의 위상을 느리게 변화시키면 인지 처리 속도는 위상에 대응하여 느려질 수 있다.

[0058]

다른 실시예에서, 인지 처리 속도는 자극 신호의 주파수 및 진폭 변화, 자극 전극의 개수와 위치, 자극 전극에 대응하는 리턴 전극의 위치 등에 따라 변화할 수 있다.

[0059]

예를 들어, 주파수가 뇌파의 α 밴드(8-13 Hz), β 밴드(13-30 Hz), γ 밴드(30 Hz 이상), δ 밴드(4 Hz 이하), θ 밴드(4-8 Hz)에 해당하는 경우, 각각의 타겟 지점이 해당하는 인지 기능의 처리 속도에 영향을 줄 수 있다.

[0060]

다른 실시예에서, 인지 처리 속도 제어 장치는 타겟 지점의 인지 처리 속도를 검출할 수 있고, 검출된 처리 속도에 대응되도록 미리 설정된 색상들을 출력하는 LED 출력부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 이에 따라, 인지 처리 속도가 제어됨을 직관적으로 나타낼 수 있고, 이를 외부 디바이스(예: 스마트폰 등)에 표시되도록 함으로써 인지 처리 속도 제어의 편의성을 제고할 수 있다.

[0061]

도 4는 자극 전극을 통해 가해지는 자극의 위상에 따른 자극 신호의 파형을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 5는 자극 신호에 기초한 자극이 타겟 지점에 가해질 때 타겟 지점의 자극 신호의 위상(phase) 변화 여부를 나타내는 신호의 크기를 패턴화한 도면이다.

[0062]

도 4를 참조하면, 자극 전극을 통해 타겟 지점에 가해지는 자극 신호(a, b, c, d, e, ...) 간 위상 차 값이 x (예: 45도)일 때의 파형이 도시되어 있다.

[0063]

도 5를 참조하면, 도 4의 자극 신호(a, b, c, d, e, ...)의 위상 차 값이 0도, 45도, 180도 및 315도일 때의 타겟 지점의 자극 신호의 위상(phase) 변화 여부를 나타내는 신호의 크기가 도시되어 있다.

[0064]

도 5를 참조하면, 자극의 위상 차 값이 45도 및 315도일 때 타겟 지점 마다(a부터 k까지의 뇌 영역)의 자극 신호의 위상(phase) 변화가 가장 역동적으로 이루어짐을 알 수 있다. 한편, 자극의 위상 차 값이 0도 및 180도일 때에는 타겟 지점에서 정상파(standing wave)를 일으킬 수 있는 등, 타겟 지점의 위치에 따라 특정 위상차를 가진 뇌자극 신호의 자극 중첩에 의한 타겟 지점의 위상 변화를 유발할 수 있고, 해당 지역 뇌 신호 패턴이 특성화 됨을 알 수 있다.

[0065]

이는 시간적 신경 동역학(temporal neuro-dynamics)을 활용하여, 해당하는 뇌 지역의 뇌자극 신호의 방향이나 흐름을 선택적이고 의도적으로 제어할 수 있고, 이를 통해 해당 지역의 신경 신호의 흐름을 제어할 수 있는 가

능성을 보여주고, 이 현상을 뇌의 두 지역 간의 정보 전달의 속도 제어에 활용해서, 인지 기능의 의도적 제어 기술로 발전시킬 수 있는 확장성을 보여준다.

[0066] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법의 각 단계를 나타내는 흐름도이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법 중 타겟 지점 및 조건을 도출하는 단계의 구체적인 단계를 나타내는 흐름도이다.

[0067] 본 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법은, 도 1의 인지 처리 속도 제어 장치와 실질적으로 동일한 구성에서 진행될 수 있다.

[0068] 따라서, 도 1의 인지 처리 속도 제어 장치와 동일한 구성요소는 도 6 및 도 7에서 동일한 도면부호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략한다. 또한, 본 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법은 인지 처리 속도 제어 방법을 수행하기 위한 소프트웨어(애플리케이션)에 의해 실행될 수 있다.

[0069] 도 6을 참조하면, 실시예에 따른 인지 처리 속도 제어 방법은, 수신부(110)가 대상자의 뇌 영상을 수신하는 단계(S10), 자극 제어부(120)가 뇌 영상을 분석하여 인지 처리를 수행하는 뇌 내 타겟 영역을 도출하는 단계(S20), 자극 제어부(120)가 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 단계(S30), 전극부(130)가 자극 제어부(120)로부터 도출된 자극 조건에 따라 자극을 가하는 단계(S40)를 포함할 수 있다.

[0070] 도 7을 참조하면, 도 6의 자극 제어부(120) 타겟 영역에서의 인지 처리 속도를 제어하기 위한 최적화된 자극의 타겟 지점 및 조건을 도출하는 단계(S30)는 타겟 지점 설정부(121)가 뇌 영상을 분석하여 인지 처리를 수행하는 뇌의 활성화 영역인 타겟 영역의 해부학적 중심 좌표를 획득하고, 획득된 중심 좌표에 따라 타겟 지점을 설정하는 단계(S31) 및 자극 조건 도출부(122)가 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 단계(S32)를 포함할 수 있다.

[0071] 자극 조건 도출부(122)가 설정된 타겟 지점에 따라 자극 전극의 조합을 구성하고, 미리 마련된 인지 처리 속도 제어함수에 따라 자극 조건을 도출하는 단계(S32)에서, 인지 처리 속도 제어함수는 뇌의 위치별 물성을 고려한 3차원 공간의 파동방정식으로 정의되며, 자극 조건은 파동방정식의 해인 자극 신호로서 도출되는 것일 수 있다.

[0072] 또한, 자극 신호의 위상의 변화 속도에 따라 인지 처리 속도가 제어되며, 자극 신호의 위상을 빠르게 변화시키면 인지 처리 속도가 위상에 대응하도록 빨라지고, 자극 신호의 위상을 느리게 변화시키면 인지 처리 속도가 위상에 대응하도록 느려질 수 있다.

[0073] 상술한 본 발명의 일 측면에 따르면, 현재, 비침습적 뇌자극을 통한 인지 기능별 증강 연구가 세계적으로 진행 중인 상황에서, 기존의 전형적인 뇌 특정 지점 기반의 정적인 뇌자극 패러다임을 넘어서는, 뇌 네트워크 기반의 서로 다른 지역 간의 동적인 정보 처리, 정보 흐름의 제어를 이용한 동적인 뇌자극 인지 기능 증강 기술이라는 새로운 패러다임을 창출하여, 뇌자극 기반 인간의 인지 기능 증강 분야에 크게 기여할 수 있다. 이를 통해, 다가오는 정신문명 시대에 인지 증강 효과의 극대화는 물론, 인지 기능이나 신경 기능 치료로 최적의 치료 효과와 진료비용을 최소화할 수 있다는 점에서 사회적, 의학적, 경제적 효과가 예상될 수 있다.

[0074] 이와 같은 본 발명의 인지 처리 속도 제어 방법은 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.

[0075] 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0076] 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, 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.

[0077] 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.

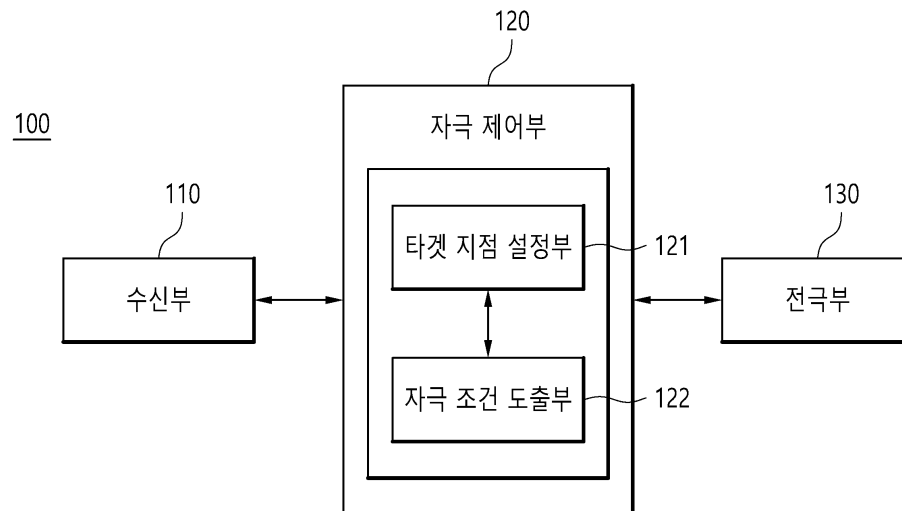
[0079] 이상에서는 본 발명의 다양한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

부호의 설명

[0080] 100: 인지 처리 속도 제어 장치
110: 수신부
120: 자극 제어부
121: 타겟 지점 설정부
122: 자극 조건 도출부
130: 전극부

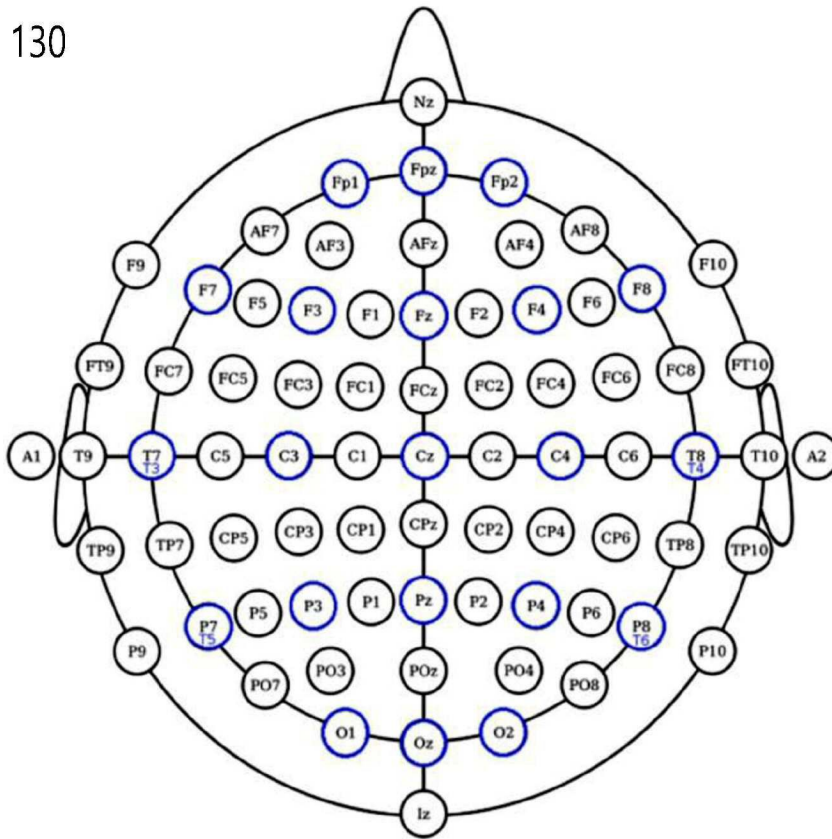
도면

도면1



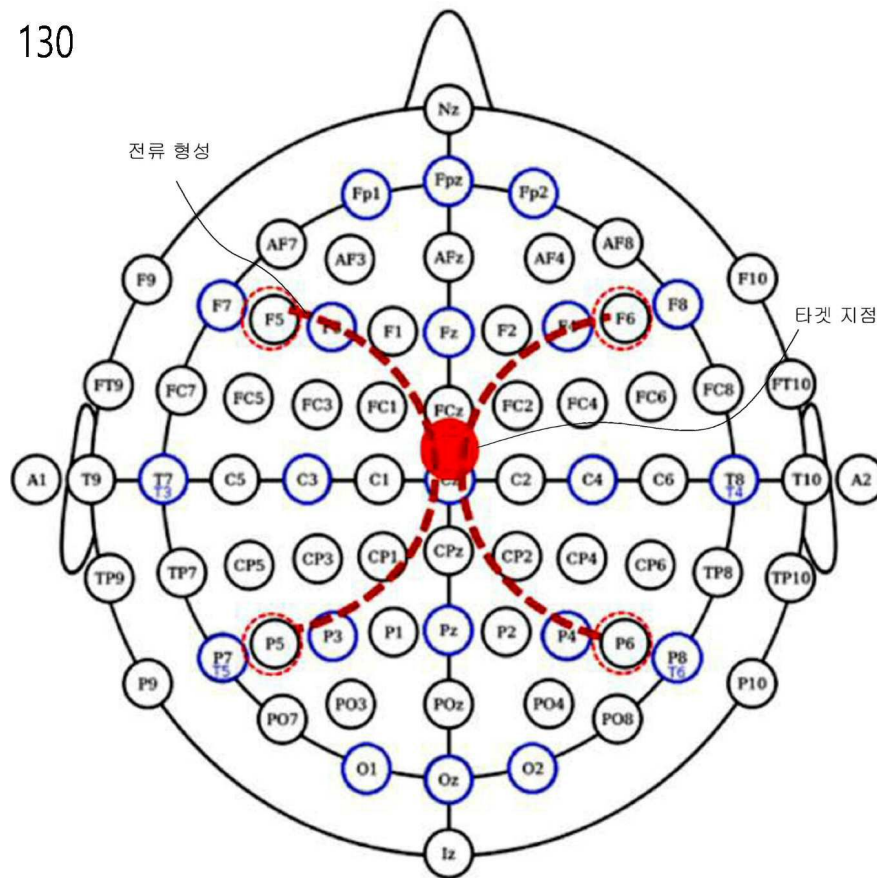
도면2

130

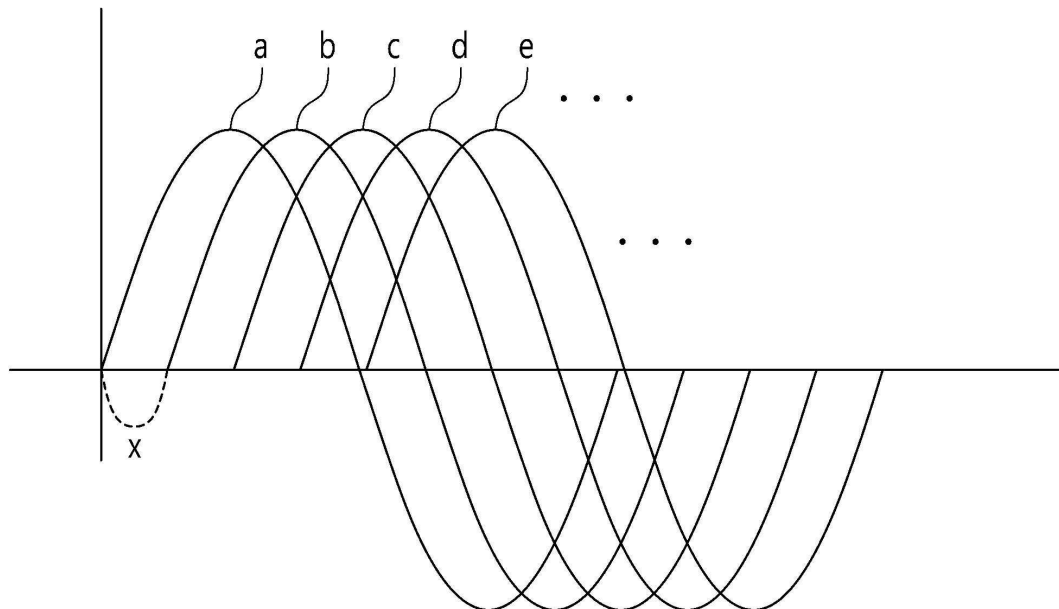


도면3

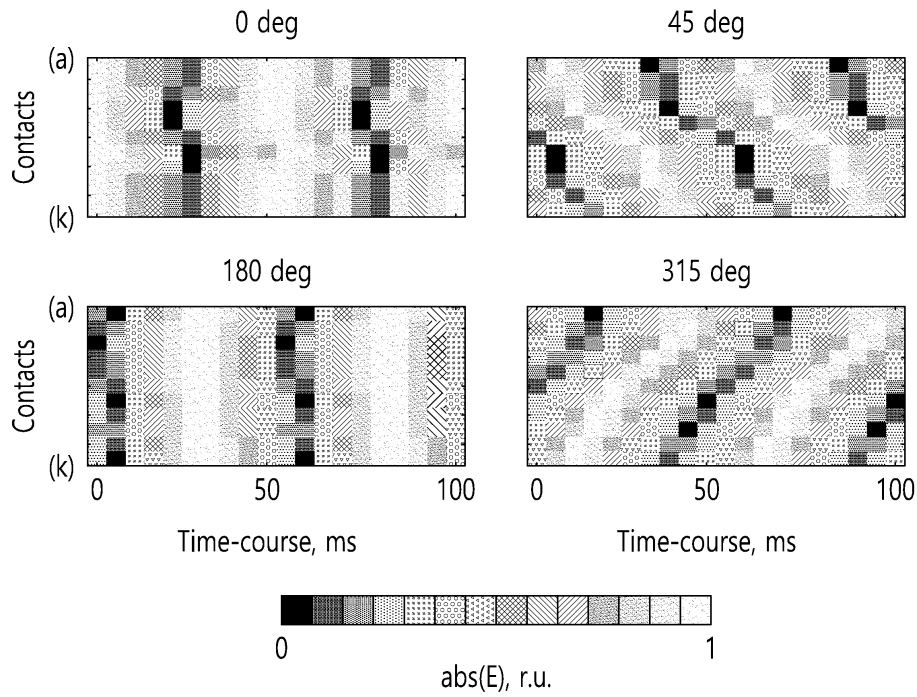
130



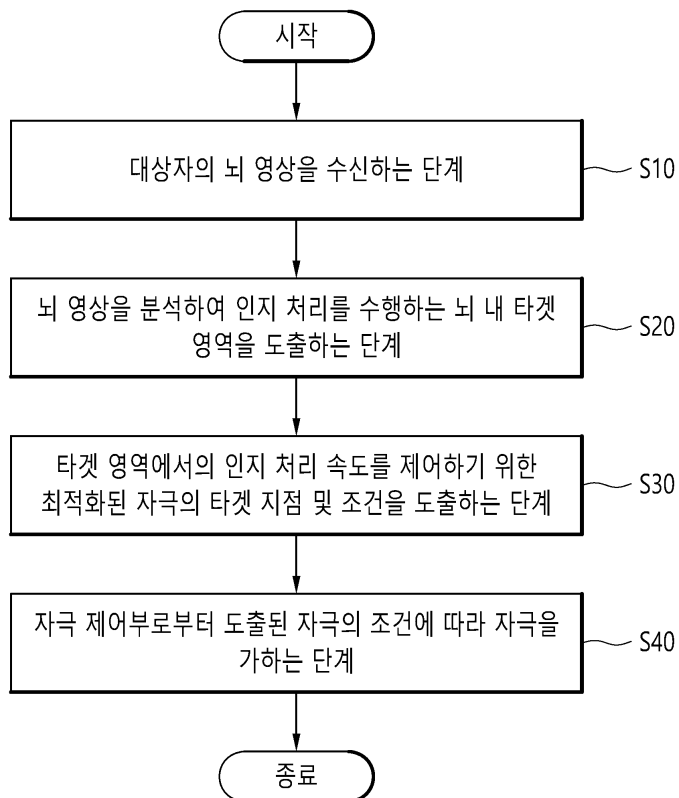
도면4



도면5



도면6



도면7

