

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2014년 11월 27일 (27.11.2014)



(10) 국제공개번호  
WO 2014/189327 A1

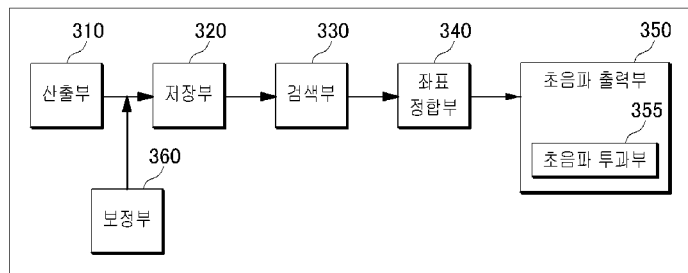
- (51) 국제특허분류: A61N 7/00 (2006.01) A61B 5/0476 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/004629
- (22) 국제출원일: 2014년 5월 23일 (23.05.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2013-0059043 2013년 5월 24일 (24.05.2013) KR  
10-2013-0059173 2013년 5월 24일 (24.05.2013) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 136-701 서울시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동 5가), Seoul (KR).
- (72) 발명자: 민병경 (MIN, Byoung-Kyong); 134-837 서울시 강동구 상암로 325, 1동 301호 (상일동, 삼성빌라), Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 엠에이피에스 (MAPS INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 137-810 서울시 서초구 사평대로 343, 4층 (반포동, 제일약품빌딩), Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ULTRASONIC WAVE OUTPUT SYSTEM FOR TREATING BRAIN-BRAIN INTERFACE AND METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 뇌-뇌 인터페이스를 처리하는 초음파 출력 시스템 및 방법

300



- 310 ... CALCULATION PART
- 320 ... STORAGE PART
- 330 ... SEARCH PART
- 340 ... COORDINATE MATCHING PART
- 350 ... ULTRASONIC WAVE OUTPUT PART
- 355 ... ULTRASONIC WAVE TRANSMISSION PART
- 360 ... CORRECTION PART

(57) Abstract: An ultrasonic wave output system for controlling neural functions according to the present invention includes: a calculation part for calculating the mapping information of each neural function for N ultrasonic wave stimulus parameters based on a prescribed algorithm; a storage part for storing the mapping information per neural function; a search part for searching out the position of a target to output an ultrasonic wave and the mapping information corresponding to a neural function to control, based on prescribed search conditions; a coordinate matching part for matching the virtual focus coordinates of the ultrasonic wave with the coordinates of the target to actually receive the ultrasonic wave in a three-dimensional space; and an ultrasonic wave output part for outputting the ultrasonic wave based on the mapping information corresponding to the searched target position, wherein the ultrasonic wave output part includes an ultrasonic wave transmission part consisting of a non-fluid medium in order to transfer the outputted ultrasonic wave to the user. Also, the system is linked with an intention recognition device so as to achieve a wireless brain-brain interface for enabling the mental activity of a person to remotely control the neural functions of another person.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



WO 2014/189327 A1



공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

---

본 발명에 따른 신경 기능을 제어하기 위한 초음파 출력 시스템은 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다 N 개의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출하는 산출부, 각 신경 기능별로 구분하여 상기 매핑 정보가 저장된 저장부, 미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색하는 검색부, 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3 차원 공간상에서 정합하는 좌표 정합부 및 상기 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 출력하는 초음파 출력부를 포함 하되, 상기 초음파 출력부는 상기 출력된 초음파를 사용자에게 전달하기 위하여 비유동성 매질로 형성된 초음파 투과 부를 포함한다. 또한, 뇌전도 기반 의도 인식 기기와 연동하여, 뇌-뇌 인터페이스를 무선으로 구현하고 원격에서 한 인 간의 정신 활동이 다른 인간의 신경 기능을 제어한다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 뇌-뇌 인터페이스를 처리하는 초음파 출력 시스템 및 방법

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 신경 기능 제어를 처리하기 위한 초음파 출력 시스템 및 방법과, 뇌파 및 초음파를 이용하여 뇌와 뇌 간의 인터페이스(Brain-Brain Interface, BBI)를 처리하는 초음파 출력 시스템 및 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 기존의 침습 혹은 비침습적인 방법으로 신경계 기능을 조절할 수 있다는 선행 연구 결과들은 다양하게 존재하고 있었으나, 뇌기능 장애 조절 및 뇌질환 치료 방법에 적용하기에는 제한사항이 많다는 문제점이 있었다.
- [3] 우선, 기존의 약물 투여 방법은 약물의 부작용이 존재할 수 있으며, 해부학적으로 특정 지역에 대한 선택적 치료가 불가능하다는 문제가 있다. 그리고, 침습적 치료법은 침습에 의하여 불가피하게 감염 위험에 노출될 수 있으며, 두개골을 열어야만 하는 위험이 존재한다. 이후에, 일부 비침습적 뇌신경계 치료법이 등장하였지만, 해당 에너지를 효과적으로 두개골에 투과시킬 수 있는 투과력에 대한 제한이 있고, 공간 해상도도 좋지 않다는 제약점이 있었다.
- [4] 이와 같은 상황에서, 비침습적이고 공간 해상도가 뛰어난 집속 초음파(Focused Ultrasound) 뇌 자극 기법이 등장하였으며, 이와 같은 기법은 신경 기능을 비침습적으로 정밀하게 제어하기 위한 대안으로 제시되고 있다. 즉, 집속 초음파 뇌신경 자극술을 이용하면 공간적으로 정밀하게 (예를 들어, mm 단위) 목표 지점으로 음파 에너지를 두개골에 투과하여 전달할 수 있으며, 초음파 강도를 조절함으로써 세포 조직에 열적으로나 물리적으로 손상을 주지 않는 상태에서 뇌기능을 가역적으로 조절할 수 있다. 나아가, 치료에 사용되는 초음파의 매개 변수 조합을 변경함으로써 다양한 뇌질환 치료 및 뇌기능 조절이 가능하게 된다. 이에 따라, 위 기법을 중추 신경계뿐만 아니라 말초 신경계에도 적용할 수 있어 다양한 종류의 신경계 질환 치료에 사용이 가능할 수 있다.
- [5] 이와 같이, 초음파를 이용할 경우 여러 신경 기능 및 인지 기능을 조절할 수 있으며, 초음파 자극 변수를 다양하게 조합함으로써 사용자가 원하는 방향으로 해당 신경 기능을 조절할 수 있다. 즉, 초음파 자극 변수 조합에 따라서, 해당 신경 기능을 강화하거나 완화시킬 수 있다. 초음파 자극을 조절하기 위한 초음파 자극 변수를 설명하면 다음과 같다.
- [6] 도 1 및 도 2는 초음파 자극 변수를 설명하기 위한 도면이다.
- [7] 초음파 자극을 제어할 수 있는 초음파 자극 변수는 초음파의 중심 주파수(Central Frequency, CF), TBD(Tone Burst Duration), PRF(Pulse Repetition

Frequency), DF(Duty Factor), AI(Acoustic Intensity) 및 TST(Total Sonication Time) 등이 있다. 먼저 초음파의 중심 주파수는 초음파 발생 장치인 트랜스듀서(Transducer)의 고유 중심 주파수로서, 초음파 주파수로 사용되며, 이때 400~770KHz범위의 초음파 주파수가 사람의 두개골을 상대적으로 잘 투과하는 것으로 알려져 있다. 다음으로, TBD는 도 1에 도시된 바와 같이, 초음파가 끊이지 않고 진행된 하나의 초음파 자극의 단위 시간을 의미한다. PRF는 초음파 자극이 진행된 단위가 1초 동안 반복된 횟수를 나타내며, DF는 단위 시간에 쏘여진 초음파의 백분율로서,  $TBD \times PRF$ 로 계산된다. AI는 초음파가 쏘여진 해당 부위의 단위 면적에 가해진 초음파 에너지를 나타내며, ‘공간-피크 펄스-평균 강도(Isppa: spatial-peak pulse-averaged Intensity)’나 ‘공간-피크 시간-평균 강도(Ispta: spatial-peak temporal-averaged Intensity)’를 주로 사용한다. 해당 개념은 도 2에 도식적으로 나타내었다. 참고로 Ispta와 Isppa의 관계는  $Ispta = Isppa \times DF$ 로 나타낼 수 있다. TST는 해당 부위에 초음파를 쏘인 총 시간을 의미한다.

- [8] 이와 같은 초음파 자극 변수들의 조합 양상에 따라서, 자극이 전달된 신경계가 일으키는 감각의 종류나 정도가 달라지게 된다. 따라서, 다양한 인지 기능이나 신경 기능을 원하는 방향(강화 혹은 완화) 및 원하는 정도로 제어하거나, 여러 감각을 발생시키기 위한 초음파 자극 변수의 최적 조합이 필요하다.
- [9] 이와 관련하여, 한국공개특허 제2010-0004659호(발명의 명칭: 초음파 자극기 및 초음파 자극 방법)는 사용자 신호에 따라 초음파의 출력 주기, 초음파의 주파수 및 초음파를 출력할 도자를 선택하여 제어 신호를 출력하고, 제어 신호에 따른 상기 출력 주기 및 상기 주파수의 초음파를 수중에서 출력하는 기술을 개시하고 있다.
- [10] 한편, 종래에는 뇌파 신호를 이용하여 사람의 의도(intention)에 따른 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-computer Interface)를 제어하는 방식들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [11] 구체적으로, 뇌파의 인지적 속성(cognitive property)에 따른 매개 변수들을 분석하여 사용하는 방식이 제안되었다. 뇌파의 분석은 크게 시간축 분석과 주파수축 분석으로 나눌 수 있다. 뇌파 신호의 시간축 분석의 일례로, 자극 제시와 관련된 뇌파 신호를 반복적으로 측정하고, 단위 뇌파 조각들을 자극이 제시된 시점을 기준으로 정렬한 후 제시 시점을 기준으로하여 평균 뇌전위를 산출한다. 이에 따라, 제시된 자극이나 사건과 관련되어 평균값에서 누적되어 나타나는 뇌전위인 사건 관련 전위(ERP: event-related potential)를 산출할 수 있다. 이는, 자극과 관련된 뇌파 신호만이 평균값에서 유효하고, 자극과 무관한 임의의 뇌파 신호는 평균에 의해 상쇄된다는 원리를 이용한 것이다.
- [12] 이와 같은, 뇌파의 시간축 분석에 의해서 얻어진 성분으로는 대표적인 뇌파 성분인 정상상태 시각유발 전위(Steady State Visual Evoked Potential, SSVEP)가 있다. 정상상태 시각유발 전위(SSVEP) 성분은 반복적인 시각 자극에 반응하는

뇌파를 이용한 뇌파 신호이다. 예를 들어, 사람이 깜빡이는(flickering) 자극을 보고 있으면 그 자극이 깜빡이는 주파수와 동일한 주파수를 가진 뇌파가 물리적으로 유도되며, 깜빡이는 시각 자극에 의해 유도되며, 자극과 동일한 주파수를 갖는 진동 뇌파가 SSVEP이다.

- [13] 이와 관련하여, 대한민국 공개특허 제2013-0002590호(발명의 명칭: 안정상태 시각유발전위를 이용한 QWERTY 타입의 문자 입력 인터페이스 장치 및 문자 입력 방법)에서는, 복수개의 문자가 QWERTY 스타일로 표시되는 문자 표시부, 표시되는 문자로 인한 시각 자극에 의해 안정상태 시각유발전위가 유발 되는 동안의 사용자의 뇌파 신호를 측정하는 뇌파 신호 측정부, 및 측정된 뇌파 신호를 분석하는 뇌파 신호 분석부 및 상기 분석된 뇌파 신호에 해당하는 문자를 출력하는 문자 출력부를 포함하는 문자 입력 인터페이스 장치를 개시하고 있다.
- [14] 그런데, 이러한 기존의 두뇌-기계 간 인터페이스 장치는 키보드 자판 상에서 피측정자가 공개적으로(overtly) 선택한 키를 확인할 뿐, 이보다 더 고차원적으로 피측정자가 실제 눈동자 움직임이 없이 생각만으로(covertly) 연상한 정보(즉, 의도를 반영한 정보)를 확인할 수 없다는 단점이 있다.
- [15] 또한, 종래에는 뇌-컴퓨터(또는 기계) 간 인터페이스를 처리하거나, 컴퓨터(기계)-뇌 간 인터페이스를 처리하는 기술들은 제안되었으나, 뇌와 뇌 간의 인터페이스(BBI)를 처리하는 기술에 대한 연구는 미비한 실정이다. 더욱이, 컴퓨터(기계)-뇌 간 인터페이스 기술은 침습적인 방법의 위험성으로 인해서, 비침습적이면서 정확성이 높은 기술이 요구되고 있는 상황이다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [16] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일 실시예는 각 신경 기능별로 원하는 방향 및 정도(즉, 세기)로 제어할 수 있는 최적의 초음파 자극 변수에 대한 매핑(mapping) 정보를 산출하고, 산출된 매핑 정보에 기초하여 초음파 에너지를 해당 신경계 부위에 비침습적으로 전달함으로써, 용이하고 비침습적으로 사용자의 신경 기능을 제어할 수 있는 초음파 출력 시스템 및 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [17] 또한, 본 발명의 다른 실시예는 뇌전도 및 초음파를 이용하여 뇌와 뇌 간의 인터페이스를 제공하는 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 하되, 비침습적으로 두개골을 투과하면서도 공간 해상도가 뛰어난 집속 초음파(focused ultrasound)를 이용하여, 공간적으로 정밀한(예를 들어, mm 단위) 목표 지점에 초음파 에너지를 조사하여 뇌 신경을 자극시킬 수 있는 기술을 컴퓨터-두뇌 인터페이스에 적용하고, 뇌전도를 사용한 두뇌-컴퓨터 인터페이스를 이에 융합하여 뇌전도-초음파 기반의 두뇌-두뇌 인터페이스를 제공하고자 한다.
- [18] 다만, 본 발명의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은

기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

### 과제 해결 수단

- [19] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 신경 기능을 제어하기 위한 초음파 출력 시스템은, 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다  $N$ 개의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출하는 산출부, 각 신경 기능별로 구분하여 상기 매핑 정보가 저장된 저장부, 미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색하는 검색부, 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3차원 공간상에서 정합하는 좌표 정합부 및 상기 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 출력하는 초음파 출력부를 포함하되, 상기 초음파 출력부는 상기 출력된 초음파를 사용자에게 전달하기 위하여 비유동성 매질로 형성된 초음파 투과부를 포함한다.
- [20] 그리고, 본 발명의 제 2 측면에 따른 신경 기능을 제어하기 위한 초음파 출력 방법은, 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다 미리 설정된 복수의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출하는 단계, 상기 매핑 정보를 각 신경 기능별로 구분하여 저장하는 단계, 미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색하는 단계, 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3차원 공간상에서 정합하는 단계 및 상기 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 투과하기 위한 비유동성 매질 상으로 초음파를 출력하는 단계를 포함한다.
- [21] 또한, 본 발명의 제 3 측면에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 시스템은, 의도 인지 대상의 뇌파 신호에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 형상 추론부; 기설정된 복수의 뇌 신경 기능 및 상기 뇌 신경 기능에 매칭된 해당 신경 부위 별로 기준 형상 및 초음파 자극 매개 변수의 조합이 매칭되어 저장된 신경 기능 정보 저장부; 및 상기 추론한 형상에 대응하는 상기 기준 형상을 검출하고, 상기 검출한 기준 형상에 매칭된 상기 뇌 신경 기능, 해당 신경 부위 및 초음파 자극 매개 변수의 조합에 기초하여 집속 초음파(focused ultrasound)를 출력하는 초음파 출력부를 포함한다.
- [22] 또한, 본 발명의 제 4 측면에 따른 초음파 출력 장치를 통한 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 방법은, 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정하는 단계; 상기 뇌파 신호에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 단계; 기설정된 복수의 뇌 신경 기능 별로 매칭된 기준 형상 중 상기 추론한 형상에 대응하는 기준 형상을 검출하는 단계; 기설정된 상기 복수의 뇌 신경 기능 및 상기 뇌 신경 기능에 대응된 해당 신경 부위 별로 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합 중 상기 검출한 기준 형상에 매칭된 초음파 자극 매개 변수의

조합을 검출하는 단계; 및 상기 검출한 초음파 자극 매개 변수의 조합에 기초하여 집속 초음파(focused ultrasound)를 출력하는 단계를 포함하되, 상기 집속 초음파를 출력하는 단계는, 상기 집속 초음파를 초음파 조사 대상의 뇌에 조사(照射)되도록 비유동성의 초음파 투과 매질을 통해 출력한다.

### 발명의 효과

- [23] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 최적의 초음파 자극 변수를 산출하고 이에 대한 매핑 정보를 이용하여 초음파를 출력함으로써 비침습적으로 다양한 인지 기능 및 신경 기능을 원격으로 제어할 수 있다. 즉, 인지 혹은 신경 기능을 원하는 방향 및 특정한 정도로 제어하기 위해서, 타겟 위치에 초음파 초점을 맞추고, 특정한 초음파 자극 변수 조합을 사용하여 초음파 에너지를 전달함으로써 사용자가 의도하는 인지 기능 및 신경 기능을 제어할 수 있다.
- [24] 그리고, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 따르면, 복수의 주파수로 나뉘어 점멸(點滅)하는 자극을 주시하는 의도 인지 대상의 뇌로부터 측정된 뇌파 신호만으로 의도 인지 대상이 연상한 형상을 간편하고 정확하게 재구성할 수 있는 효과가 있다.
- [25] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 의도 인지 대상이 의도한 바에 따라 뇌 신경 제어 대상(즉, 초음파 조사 대상)의 특정 뇌 신경 기능을 조절 및 제어할 수 있어 뇌와 뇌 간의 인터페이스가 가능한 효과가 있다.
- [26] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 뇌 신경 기능 별로 최적화된 초음파 자극 매개 변수의 조합을 적용할 수 있어, 다양한 뇌 인지 기능 및 신경 기능에 대한 의도 방향(신경 흥분 혹은 신경 억제) 및 그 제어 정도를 조절할 수 있는 효과가 있다. 또한, 낮은 강도(intensity)에서 펄스(pulse) 형태의 초음파를 조사함으로써, 세포 조직에 열적으로나 물리적으로 손상을 주지 않는 상태에서 뇌 신경 기능을 가역적으로 조절할 수 있는 효과가 있다.
- [27] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 뇌 신경 기능 별로 해당하는 뇌의 신경 부위가 설정되고, fMRI(기능성 자기공명영상)와 같은 뇌영상법을 통해서 초음파 조사의 타겟에 대한 정확한 뇌 상의 자극 위치를 검출할 수 있다. 그리고 초음파 발생기에 적외선 마커(marker)를 부착하여 적외선 카메라를 통해 추적함으로써, 3차원 공간 상에서 초음파 발생기의 초점 좌표를 추적하여 파악할 수 있고, 초음파 초점 좌표와 뇌 이미지를 이용하여 생성한 초음파 타겟이 될 생체 부위에 대한 위치 좌표를 정합(align)함으로써, 초음파 출력 시 목표하는 뇌의 위치에 대한 출력 정확도 및 정밀도를 높일 수 있는 효과가 있다.
- [28] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 시간의 함수로 발생하는 뇌의 정신 작용을 뇌파 신호라는 객관적 지표로 바꾸어 표현할 수 있어, 뇌파 신호를 디지털 또는 아날로그 형태의 데이터 신호로 변환하여

유/무선으로 송출이 가능하다. 더 나아가, 뇌에서 발생된 정보를 다른 뇌에 작용하는 송신기(본 발명의 실시예에서는 '초음파 출력부')가 수신하여 디코딩할 수 있음으로써, 향후 뇌의 정신 작용에 따른 데이터가 다른 뇌의 정신 작용으로 전환되어 궁극적으로 '정신 데이터' 전송이 성립할 수 있도록 하는 근간이 될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [29] 도 1 및 도 2는 초음파 자극 변수를 설명하기 위한 도면이다.
- [30] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력 시스템의 블록도이다.
- [31] 도 4는 초음파 투과부 및 초음파 출력부를 도시한 도면이다.
- [32] 도 5는 초음파 출력 시스템이 적용된 일 예시를 도시한 도면이다.
- [33] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력 방법을 도시한 순서도이다.
- [34] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 적용되는 뇌-뇌 인터페이스의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [35] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 시스템의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [36] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌파를 사용한 형상 추론부의 상세 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- [37] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 소자 배열부의 제어 방식 및 발광 소자 배열부를 이용한 연상 형상 추론 방식의 일례를 설명하기 위한 도면이다.
- [38] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에서 뇌 신경 기능 별 초음파 조사 위치를 설명하기 위한 개념도이다.
- [39] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력부의 상세 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- [40] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [41] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [42] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을



의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

[43] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(300)의 블록도이다.

[44] 본 발명에 따른 초음파 출력 시스템(300)은 산출부(310), 저장부(320), 검색부(330), 좌표 정합부(340) 및 초음파 출력부(350)를 포함한다.

[45] 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 도 3에 도시된 구성 요소들은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)와 같은 하드웨어 구성 요소를 의미하며, 소정의 역할들을 수행한다.

[46] 그렇지만 '구성 요소들'은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, 각 구성 요소는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.

[47] 따라서, 일 예로서 구성 요소는 소프트웨어 구성 요소들, 객체지향 소프트웨어 구성 요소들, 클래스 구성 요소들 및 태스크 구성 요소들과 같은 구성 요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다.

[48] 구성 요소들과 해당 구성 요소들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성 요소들로 결합되거나 추가적인 구성 요소들로 더 분리될 수 있다.

[49] 산출부(310)는 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다 N개의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출한다. 이때, N개의 초음파 자극 변수로 초음파의 중심 주파수(CF), 초음파 자극이 중단되지 않고 가해진 단위 시간(TBD), 단위 시간당 초음파 자극 단위의 반복 횟수(PRF), TBD와 PRF의 곱인 duty factor(DF)로 단위 시간에 투여된 초음파 시간이 차지하는 백분율, 단위 면적당 가해진 초음파 에너지(AI) 및 초음파 자극의 총 투여 시간(TST) 등을 이용할 수 있다.

[50] 예를 들어, 특정 신경 기능을 제어하기 위한 초음파 자극 변수 조합을 CF=690KHz, TBD=0.5ms, PRF=100Hz, Ispta=130mW/cm<sup>2</sup>, TST=180s으로 설정하여, 뇌전증(간질) 증상이 다른 초음파 자극 변수 조합과 비교하여 최적으로 완화되었다면, 이와 같은 초음파 자극 변수의 조합이 최적의 뇌전증 제어 정보가 된다.

[51] 이와 같은 최적의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보는 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 산출할 수 있다. 이때, 미리 설정된 알고리즘의 일 예로, N개의 초음파 자극 변수를 하나의 축으로 가정하였을 때, 모든 축의 함수를 통해서 신경 기능의 조절 및 제어를 최적으로 일으킬 수 있는 지점을 찾는다. 이때 N개의 차원에서 각 차원의 좌표 값으로 이루어진 특정한 초음파 자극 변수 조합이 최적의 신경 기능 제어 현상을 일으켰다면, 해당 신경 기능 조절의 최적 조합 자극 변수 정보가 된다. 이를 각 신경 기능마다 각각 산출함으로써 각 신경

기능별로 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 획득할 수 있다.

[52] 또 다른 예로, 최적의 촉각각을 유발하는 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보는 다음과 같이 산출할 수 있다. 중심 주파수가 1MHz이고, 초음파의 자극 노출 시간이 총 1초인 경우, 남은 3개의 초음파 자극 변수인 TBD, PRF, AI를 이용하여 다음과 같이 각각 3개의 조건을 만들 수 있다.

[53] 첫째로 TBD 즉, DF가 30, 50, 70%인 3가지의 경우를 고려할 수 있고, 둘째로 PRF가 10, 100, 1000Hz인 3가지 경우를 고려할 수 있으며, 마지막으로 초음파 에너지 강도(Isppa)가 395, 792, 1500mW/cm<sup>2</sup>인 3가지 경우를 고려할 수 있다. 이와 같이 각각의 3가지 경우를 조합하면 총 27가지의 초음파 자극 변수 조합이 형성될 수 있다. 이와 같은 상황에서, 다음과 같이 초음파 자극 변수의 최적 조합을 찾아낼 수 있다.

[54] 예를 들어, 사용자의 신체의 특정부분에 초음파 자극을 주어 사용자가 주관적으로 느끼는 자극의 종류(예를 들어, 촉각각, 냉각각, 온감각, 통증감각, 무감각)와 그 정도를 0부터 5 또는 0부터 10의 수치로 나타내어 사용자의 주관적 보고를 통해 산출할 수 있다. 즉, 각각의 조건에 대하여 10회 반복 측정하고, 5회 이상 같은 자극을 반복 응답할 경우만을 신뢰할 수 있는 응답으로 채택하여 각각의 감각별로 최고의 감각 정도 수치를 나타내는 조합을 초음파 자극 변수의 조합으로 찾아낼 수 있다.

[55] 이와 같은 실험을 통해서 PRF가 100Hz인 경우에 다른 두 경우(10, 1000Hz)의 PRF 조건에 비하여 상대적으로 따뜻한 감각을 일으키는 것을 확인할 수 있다. 초음파 자극 변수의 단계를 더욱 세밀하게 구분하면, 더욱 최적의 자극 변수 조합을 얻을 수 있다.

[56] 이와 더불어, 초음파 자극 변수의 최적 조합은 미리 설정된 알고리즘 외 다른 방법으로도 산출할 수 있다. 예를 들어, 초음파 자극 시에 뇌전도(EEG)를 동시에 측정함으로써, 초음파 자극을 받고 있는 사용자의 제1차 체성감각 피질(primary somatosensory cortex) 부근에서의 검출되는 ‘정상(定常) 촉각각 유발 전위(steady-state somatosensory evoked potential: SSSEP)’의 주파수와, 초음파 자극 변수들 중에서, 예를 들면, PRF와 일치하는지 등을 파악하여, 초음파와 뇌파의 객관적인 상호 관계를 유추하고, 이와 같은 상관 관계가 초음파의 신경 기능 제어의 최적 변수 조합을 객관적으로 찾아내는 접근법 중의 하나로 사용될 수 있다.

[57] 이와 같이, 다양한 주파수를 사용하여, 해당 주파수에서 펄스 형태로 제시되는 초음파의 시간 변수를 조정하여 효율적으로 신경 제어 효과를 체계적으로 매핑할 수 있다. 동시에, 제시된 초음파 펄스 사이의 시간 차이도 매개 변수로 설정하여, 신경 제어 기능에 관여하는 함수를 구하는 방법으로 초음파 핵심 자극 변수를 체계적으로 조정할 수 있다. 이에 따라, 최적의 신경 기능 제어를 유발하는 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 획득할 수 있다.

[58] 한편, 해당 신경 기능을 제어하기 위한 초음파 자극 변수는 인체의 안전성이

인정되는 범위에서 산출되어야 한다. 이때, 인체의 안전성이란 세포가 괴사하거나, 물리적으로 손상을 받지 않고, 세포핵 속의 유전체(DNA) 상의 손상을 받지 않는 정보를 포함하는 개념이다. 또한, 생체 안전성은 조직학 방법을 사용하여 검증한다. 즉, H&E 염색법을 통해서, 세포 조직이 물리적 손상을 받았는지 여부를 확인하고, TUNEL 염색법을 이용하여 DNA 상의 손상이 있는지를 살펴볼 수 있다.

- [59] 저장부(320)에는 각 신경 기능과 초음파 자극 위치별로 구분하여 산출부(310)에서 산출한 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보가 저장된다. 즉, 저장부(320)는 각 신경 기능별로 산출된 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 신경 기능과 초음파 자극 위치별로 각각 구분하여 저장한다.
- [60] 한편, 저장부(320)는 캐쉬, ROM(Read Only Memory), PROM(Programmable ROM), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 및 플래쉬 메모리(Flash memory)와 같은 비휘발성 메모리 소자 또는 RAM(Random Access Memory)과 같은 휘발성 메모리 소자 또는 하드디스크 드라이브(HDD, Hard Disk Drive), CD-ROM과 같은 저장 매체 중 적어도 하나로 구현될 수 있으나 이에 한정되지는 않는다.
- [61] 검색부(330)는 미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색한다. 이때, 검색 조건으로 초음파 자극을 부여하기 위한 타겟 위치 및 타겟 위치에 따라 구분되는 신경 기능을 설정할 수 있다.
- [62] 좌표 정합부(340)는 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3차원 공간상에서 정합한다. 즉, 검색된 타겟 위치에 초음파의 가상 초점을 일치시켜서 초음파 에너지를 타겟에 집중 전달할 수 있도록, 3차원 공간상의 타겟 좌표와 초음파 초점 좌표를 정합시킨다.
- [63] 초음파 출력부(350)는 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 출력한다. 초음파 출력부(350)는 출력된 초음파를 사용자에게 전달하기 위하여 비유동성 혹은 유동성 매질로 형성된 초음파 투과부(355)를 포함하고 있다. 초음파 투과부(355)에 대하여 도 4를 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- [64] 도 4는 초음파 투과부(355) 및 초음파 출력부(350)를 도시한 도면이다.
- [65] 초음파 투과부(355)는 초음파 출력부(350)에서 발생한 초음파 에너지가 최적으로 투과될 수 있도록 한다. 초음파 투과부(355)에서 초음파가 전달될 매질로, 휴대성 측면이나 기기에 부착될 견고성 측면을 고려하여, 기존의 탈-기체 물(de-gassed water)과 같은 유동 매질 대신에, 젤 또는 고무 타입의 비유동성 매질로 형성될 수 있다. 다만, 초음파 투과부(355)의 비유동성 매질은 이에 한정되는 것은 아니며, 다른 형태의 비유동성 매질을 이용하여 초음파 투과부(355)를 형성할 수 있다.
- [66] 한편, 초음파 투과부(355)는 구형으로 형성될 수 있다. 구형으로 형성될 경우,

집속 초음파 발생기(focused ultrasound transducer)의 형태에 정합되고 밀착되어 최적의 매질 모양이 될 수 있으며, 이로 인해 발생하는 초음파를 모두 받아서 전달할 수 있는 구조가 될 수 있다. 이에 따라, 초음파를 분산시키지 않고, 타겟으로 하는 위치에 초음파 에너지를 전달할 수 있다. 다만, 초음파 투과부(355)의 형상은 구형뿐만 아니라 다른 형상으로 형성될 수 있다.

[67] 다시 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 초음파 출력 시스템(300)은 보정부(360)를 더 포함할 수 있다. 보정부(360)는 사용자에 따른 편차에 기초하여 매핑 정보의 표준 오차를 산출할 수 있다. 이와 같이 산출된 표준 오차에 기초하여 매핑 정보를 보정함으로써 초음파 출력 시스템(300)이 적용된 기기의 사용 전에 개인별로 초기 보정 단계를 거쳐 사용자 맞춤형으로 사용할 수 있다.

[68] 도 5는 초음파 출력 시스템(300)이 적용된 일 예시를 도시한 도면이다.

[69] 실제 기기에 소형의 초음파 출력 시스템(300)을 장착함으로써 인위적이고 의도적으로 사용자에게 가상의 감각을 전달할 수 있다. 즉, 가전제품 리모컨, 컴퓨터 마우스, 스마트폰 또는 휴대용 장치에 초음파 출력 시스템(300)을 장착할 수 있다. 예를 들어 도 5를 참조하면, 일반적으로 사용하는 컴퓨터 마우스의 내부에 초음파 출력 시스템(300)을 장착할 수 있다. 오른손잡이 기준으로 마우스를 잡을 때, 마우스의 엄지손가락이 닿는 부분에 구형의 초음파 투과부(355)가 돌출되어 있으며, 이를 통해 초음파 에너지가 사용자에게 전달된다. 따라서, 마우스 작업 중에, 엄지 손가락 끝 부분의 초음파 자극을 통해서, 사용자에게 따뜻한 감각이나 차가운 감각을 인위적으로 유발할 수 있다.

[70] 이와 같이, 컴퓨터용 마우스뿐만 아니라 리모컨, 스마트폰 등 각종 IT 기기를 이용함으로써 원격으로 사용자의 신경 기능을 제어할 수 있게 된다.

[71] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력 방법을 도시한 순서도이다.

[72] 먼저, 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다  $N$ 개의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출한다(S610). 이때,  $N$ 개의 초음파 자극 변수로 초음파의 중심 주파수(CF), 초음파 자극이 중단되지 않고 가해진 단위 시간(TBD), 단위 시간 동안 투여된 초음파 자극의 백분율, 단위 시간당 초음파 자극의 반복 횟수(PRF), 단위 면적당 가해진 초음파 에너지(AI) 및 초음파 자극의 총 투여 시간(TST) 등을 이용할 수 있다.

[73] 이와 같은 초음파 자극 변수를 이용하여 미리 설정된 알고리즘에 따라 매핑 정보를 산출할 수 있다. 이때, 미리 설정된 알고리즘의 일 예로,  $N$ 개의 초음파 자극 변수를 하나의 축으로 가정하였을 때, 모든 축의 함수를 통해서 신경 기능의 조절 및 제어를 최적으로 일으킬 수 있는 지점을 찾는다. 이때  $N$ 개의 차원에서 각 차원의 좌표 값으로 이루어진 초음파 자극 변수 조합이 해당 신경 기능 조절의 최적 조합 자극 변수 정보가 된다. 이를 각 신경 기능마다 각각 산출함으로써 각 신경 기능별로 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 획득할 수 있다. 그 밖에도 다양한 방법으로 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출할 수 있으며, 이는 도 3에서 설명하였으므로 이하에서는 생략하도록 한다.

- [74] 다음으로, 매핑 정보를 각 신경 기능별로 구분하여 저장한다(S620). 즉, 각 신경 기능별로 산출된 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 신경 기능별로 각각 구분하여 저장한다.
- [75] 다음으로, 미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색한다(S630). 이때, 검색 조건으로 초음파 자극을 부여하기 위한 타겟 위치 및 타겟 위치에 따라 구분되는 신경 기능을 설정할 수 있다.
- [76] 다음으로, 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3차원 공간상에서 정합한다(S640). 예를 들면, 뇌의 기억을 담당하는 해마체(hippocampus)의 위치는 MRI를 이용하여 임의의 피험자 두뇌 안의 3차원적인 위치 좌표를 산출할 수 있고, 두개골을 고정된 상태에서 MRI 3차원 영상에 기초하여 해마체의 위치를 정확하게 알 수 있다. 이와 동시에, 초음파 발생기에 적외선 마커를 고정하여 부착하면, 적외선 카메라를 통해서 초음파 발생기의 3차원 공간상에서의 정확한 위치를 추적할 수 있다. 그리고, 이와 같은 위치 정보에 이미 알고 있는 초음파 발생기의 초점 거리를 연동하여 합산할 경우, 3차원 공간상에서의 초음파 초점의 좌표값도 확인할 수 있다.
- [77] 이와 같이, 컴퓨터를 사용하여, 획득한 해마체의 위치 정보에 적외선 카메라의 실시간 영상을 보며 초음파 초점의 좌표값 정보를 정합시킬 경우, 사용자가 원하는 정확한 3차원 공간상의 위치에 초음파 초점을 맞출 수 있고, 이에 따라 초음파 에너지를 집중시켜 전달할 수 있게 된다.
- [78] 다음으로, 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 투과하기 위한 유동성 혹은 비유동성 매질 상으로 초음파를 출력한다(S650). 이때, 초음파를 투과하기 위한 비유동성 매질의 일 실시예로 젤 또는 고무로 형성될 수 있다. 또한, 비유동성 매질은 구형의 모양으로 형성될 수 있다. 이와 같은 매질의 종류 및 형상을 이용할 경우, 출력된 초음파를 최대로 받아서 분산시키지 않고 타겟 위치에 초음파를 전달할 수 있게 된다. 한편, 매질의 종류 및 형상의 종류는 이에 한정되는 것이 아니며, 초음파 에너지를 최적으로 전달할 수 있는 다양한 매질 또는 형상으로 형성될 수 있다.
- [79] 이와 더불어, 본 발명에 따른 신경 기능을 제어하기 위한 초음파 출력 방법은 사용자에게 따른 편차에 기초하여 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보의 표준 오차를 산출하는 단계 및 표준 오차에 기초하여 매핑 정보를 보정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이와 같은 보정 단계를 적용함으로써 초음파 출력 방법이 적용된 기기의 사용 전에 개인별로 초기 보정 단계를 거쳐 사용자 맞춤형으로 사용할 수 있다.
- [80] 이상에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력 시스템 및 방법을 통해 초음파 에너지를 생체의 다양한 부위에 대해 조사되도록 출력함으로써 신경 기능을 제어하는 것을 설명하였다.
- [81] 한편, 이하에서는 도 7 내지 도 13을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른

초음파 출력 시스템 및 방법을 설명하도록 한다. 이와 같은 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템 및 방법은, 다양한 생체 부위 중 특정 부위(즉, 뇌)에 조사되도록 초음파 에너지를 출력하되, 초음파 에너지 출력의 대상이 아닌 다른 대상의 뇌전도(뇌파)에 의해 인식된 피험자의 판단 의도(intention)에 기초하여 초음파 에너지를 출력함으로써, 뇌와 뇌 간의 인터페이스(Brain-Brain Interface, BBI)를 처리할 수 있다.

- [82] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 적용되는 뇌-뇌 인터페이스의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [83] 도 7에 도시한 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 시스템(100)은 상이한 대상의 두뇌 간의 인터페이스를 처리한다.
- [84] 구체적으로, 도 7에 도시한 바와 같이, 초음파 출력 시스템(100)은 의도(intention) 인지 대상의 뇌로부터 뇌파 신호를 측정하고, 측정된 뇌파 신호에 따른 뇌전도(electroencephalogram, EEG)에 기초하여 의도 인지 대상이 연상한 특정 형상을 추론한다. 그리고, 초음파 출력 시스템(100)은 추론한 형상에 매칭된, 다른 뇌(이하, '초음파 조사 대상의 뇌'라고 지칭함)의 특정 신경 기능을 제어할 최적의 초음파 자극 변수의 조합을 검출하고, 검출한 정보에 기초하여 초음파 조사 대상의 뇌의 특정 부위에 조사되도록 집속 초음파(focused ultrasound)를 출력한다. 이에 따라 초음파 조사 대상 뇌의 특정 부위가 자극됨으로써, 해당 신경 기능의 조절을 제어한다. 이때, 초음파 조사 대상의 뇌의 부위 중 상기 특정 신경 기능에 해당하는 신경 부위가 초음파를 조사할 타겟 신경 부위로 설정된다.
- [85] 이처럼, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)은, 뇌전도에 기반한 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI)와, 초음파에 기반한 컴퓨터-뇌 인터페이스(Computer-Brain Interface, CBI)를 융합한 뇌전도-초음파 기반의 뇌-뇌 인터페이스(Brain-Brain Interface, BBI)를 처리한다.
- [86] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)은, 도 7에서와 같이 사람(즉, 의도 인지 대상) 대 사람(즉, 초음파 조사 대상) 뿐만 아니라, 사람 대 동물 및 동물 대 동물 등 다양한 생물체의 뇌 간에 인터페이스 처리가 가능하다.
- [87] 이하, 도 8을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [88] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 시스템의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [89] 도 8에 도시한 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)은 발광 소자 배열부(110), 형상 추론부(120), 신경 기능 정보 저장부(130), 초음파 출력부(140) 및 MRI 촬영부(150)를 포함하여 구성된다.
- [90] 발광 소자 배열부(110)는 복수의 발광 소자(light-emitting element)가 일정 간격

서로 이격되어 배열되어 있다. 참고로, 복수의 발광 소자가 이격된 간격은 정신물리학적으로 의미가 있는 간격으로서, 사전에 실험을 통한 결과에 기초하여 설정될 수 있다. 즉, 각 발광 소자 배열 간에 충분한 시각적 구분 분해능을 가질 수 있도록 배열된다.

- [91] 하기에 설명할 도 10에서와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 발광 소자 배열부(110)는 복수의 발광 소자가 행렬 형태로 배열되며, 각 행 및 열이 교차하는 위치마다 둘 이상의 발광 소자가 배치될 수 있다. 이에 따라, 각 행 및 열은 교차 위치에서 발광 소자를 공유하지 않고 각각 독립적으로 발광 소자가 구성됨으로써, 행과 열이 각각 고유의 독립적인 주파수로 깜박(즉, 점멸)될 수 있다.
- [92] 이때, 하기에 설명할 형상 추론부(120)에 포함된 발광 소자 제어 모듈(121)의 제어에 따라, 발광 소자 배열부(110)의 발광 소자들은 각각 배열 위치 별로 상이한 주파수로 점멸하게 되고, 의도 인지 대상이 이러한 발광 소자 배열부(110)를 주시하게 된다.
- [93] 참고로, 하기도 10에서는 행의 발광 소자(RD1 내지 RD25)와 열의 발광 소자(CD1 내지 CD25)의 기호를 상이하게 나타내었으나, 이는 행과 열의 구별을 용이하게 하기 위한 것으로, 행렬의 발광 소자들은 동일한 종류로 구성될 수 있다. 참고로 본 발명의 실시예에서 발광 소자는 발광 다이오드(Light Emitting Diode, LED)일 수 있으며, 발광 다이오드 중 적색, 녹색 및 백색 등의 발광 다이오드 중 어느 하나일 수 있다.
- [94] 한편, 본 발명의 실시예에서는 의도에 따른 뇌파 신호를 생성하기 위해 의도 인지 대상이 주시하는 대상을 발광 소자 배열부(110)로 예를 들어 설명하고 있으나, 이외에도 연속적인 픽셀 라인이 구성된 모니터나 액정 디스플레이 등의 출력 장치인 것도 가능하다. 이때, 상기 출력 장치의 픽셀 라인은 상기 발광 소자 배열부에 발광 소자가 배열된 형태 및 발광 소자들을 제어하는 방식과 동일 또는 유사하도록 구성될 수 있다.
- [95] 다시 도 8로 돌아가서, 형상 추론부(120)는 의도 인지 대상의 뇌파 신호에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론한다.
- [96] 구체적으로, 도 9 및 도 10을 참조하여 형상 추론부(120)의 구성 및 동작에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [97] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 형상 추론부의 상세 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 그리고, 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 소자 배열부의 제어 방식 및 발광 소자 배열부를 이용한 연상 형상 추론 방식의 일례를 설명하기 위한 도면이다.
- [98] 먼저, 도 9에 도시한 바와 같이, 형상 추론부(120)는 발광 소자 제어 모듈(121), 뇌파 측정 모듈(122) 및 형상 분석 모듈(123)을 포함하여 구성된다.
- [99] 발광 소자 제어 모듈(121)은 발광 소자 배열부(110)에 배열된 복수의 발광 소자를 배열 위치 별로 상이한 주파수로 점멸하도록 제어한다. 또한, 발광 소자

제어 모듈(121)은 점멸하는 총 시간이나 점멸의 밝기, 점멸의 대상이 되는 발광 소자 선택 등의 다양한 점멸 동작 조건을 제어할 수 있다.

- [100] 이때, 발광 소자 제어 모듈(121)은 발광 소자 배열부(110)의 발광 소자들을 복수의 그룹으로 구분하고, 각 그룹 별로 상이하게 설정한 주파수에 따라 발광 소자가 점멸하도록 제어할 수 있다. 참고로, 발광 소자 제어 모듈(121)은 의도 인지 대상이 주시할 발광 소자들이 고주파로 점멸하도록 설정함으로써 눈의 피로를 감소시킬 수 있다.
- [101] 구체적으로, 발광 소자 제어 모듈(121)은 복수의 발광 소자를 기설정된 복수의 배열 위치 범위 별로 나누어 그룹화하되, 도 10의 (a)에서와 같이 행렬 형태로 배열된 전체 발광 소자 중 하나의 행 또는 열의 배열 위치 상에 배치된 복수의 발광 소자를 하나의 그룹으로 그룹화할 수 있다.
- [102] 그리고, 발광 소자 제어 모듈(121)은 복수의 그룹 별로 상이한 주파수를 설정하고, 각 그룹에 속한 발광 소자들이 동일한 주파수로 점멸하도록 제어할 수 있다. 예를 들어, 도 10에서는 발광 소자 배열부(110)의 5개의 행에 각각 35Hz, 15Hz, 5Hz, 25Hz 및 45Hz가 설정되고, 5개의 열에 각각 49Hz, 28Hz, 7Hz, 21Hz 및 14Hz가 설정된 것을 나타내었다.
- [103] 발광 소자 제어 모듈(121)은 행 별 또는 열 별로 주파수 간의 대역폭 차를 기설정된 임계값 이상 차이가 나도록 설정할 수 있다. 그리고, 발광 소자 제어 모듈(121)은 둘 이상의 행 및/또는 열 간의 주파수 합이 다른 둘 이상의 행 및/또는 열 간의 주파수 합과 상이하도록 각 행 및 열에 주파수를 할당할 수 있다.
- [104] 이는, 이후 설명할 뇌파 측정 모듈(122)을 통해 측정된 의도 인지 대상의 뇌파 신호로부터 주파수 검출시 측정 값의 분해능과 신뢰도를 높이기 위해서이다. 또한, 하기 뇌파 측정 모듈(122)이 측정한 정상상태 시각유발 전위(Steady State Visual Evoked Potential, SSVEP)를 통해 검출되는 뇌파 신호 중에는 특정 행 및 열 간의 점멸 주파수의 조합 성분도 검출되므로, 이것을 역추론하는데 용이하게 이용하기 위함이다.
- [105] 예를 들어, 도 10의 (b)를 참조하면, 의도 인지 대상이 문자 “T”를 연상하면서 상기 모든 행렬이 각각 고유의 주파수로 점멸하고 있는 발광 소자 배열부(110)를 응시할 경우, 검출이 예상되는 SSVEP는 7Hz(열), 35Hz(행), 및 상기 두 주파수의 합인 42Hz이다. 이와 비교하여, 의도 인지 대상이 문자 “+”를 연상하면서 상기 점멸하고 있는 발광 소자 배열부를 응시할 경우, 검출이 예상되는 SSVEP는 7Hz(열), 5Hz(행), 및 상기 두 주파수의 합인 12Hz이다. 이처럼, 각각 상이한 형상에 대응하는 주파수들의 합(즉, 앞서 설명한 42Hz 및 12Hz)이 서로 상이하도록 각각의 행과 열에 주파수를 설정할 수 있다.
- [106] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)에서, 도 8의 발광 소자 배열부(110)와 도 9의 발광 소자 제어 모듈(121)을 별도의 구성으로 구분하여 설명하였으나, 또 다른 예로서 발광 소자 배열부(110) 및 발광 소자 제어 모듈(121)은 하나의 구성으로 결합되어 구현될 수 있다. 이때, 결합된 발광 소자



배열부(110) 및 발광 소자 제어 모듈(121)은 하기 설명할 뇌파 측정 모듈(122) 및 형상 분석 모듈(123)과 연결되어 발광 소자 별로 설정된 주파수 정보 및 발광 소자의 제어 정보(예를 들어, 점멸 제어의 시작 및 종료 등의 정보)를 제공할 수 있다.

- [107] 뇌파 측정 모듈(122)은 발광 소자 배열부(110)를 주시하는 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정한다. 참고로, 뇌파 측정 모듈(122)은 뇌파 측정 장비(미도시)와 연결되어 뇌파 신호를 측정하도록 제어할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)의 구성 중 뇌파 측정 모듈(122)을 포함한 적어도 하나의 구성이 뇌파 측정 장비 내 일구성으로서 포함될 수도 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에서는 의도 인지 대상의 안전 및 편의를 위해 비침습적(noninvasive)으로 뇌파를 측정하는 헤드셋이나 밴드 형태 등의 뇌파 측정 장비(미도시)를 적용할 수 있다.
- [108] 이때, 뇌파 측정 모듈(122)은 다양한 방식으로 뇌파 신호를 측정할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는, 점멸하고 있는 발광 소자 배열부(110)를 응시한 의도 인지 대상의 인지적 주의(cognitive attention)에 따라 후두엽(occipital lobe)의 시각 피질(visual cortex)에서 물리적으로 유도되는 정상상태 시각유발 전위(SSVEP)를 측정할 수 있다.
- [109] 형상 분석 모듈(123)은 측정된 뇌파 신호에 포함된 적어도 하나의 주파수를 검출하고, 검출한 적어도 하나의 주파수에 대응된 주파수로 점멸하는 발광 소자의 배열 형태에 기초하여 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론한다.
- [110] 구체적으로, 의도 인지 대상이 발광 소자 배열부(110)의 발광 소자를 주시한 상태에서 특정한 형상(문자, 숫자 및 기호 등)을 의도(intention)에 따라 연상할 경우, 의도 인지 대상이 연상한 형상에 매칭된 발광 소자 배열부(110) 상의 발광 소자가 점멸하는 주파수와 동일한 주파수가 뇌파 신호에서 검출된다.
- [111] 이때, 형상 분석 모듈(123)을 통해 검출된 뇌파 신호의 주파수는 피측정자가 의도한 특정한 형상의 모양(예를 들어, 기하학 구조(geometry))에 매칭되는 해당 발광 소자 그룹의 점멸 주파수를 반영한다. 즉, 발광 소자 배열부(110) 상의 그룹 중 의도 인지 대상의 형상 연상에 대응하는 그룹의 주파수와, 상기 대응하는 그룹 별 주파수를 합한 주파수가 검출된다.
- [112] 예를 들어, 형상 분석 모듈(123)은 검출한 주파수 중 발광 소자 제어 모듈(121)을 통해 설정된 그룹 별 주파수와 완벽히 일치하는 주파수와 그 공진 주파수(harmonic frequency)에 기초하여 정확한 주파수를 선택할 수 있다. 또한, 형상 분석 모듈(123)은 검출된 주파수 주변의 유사 주파수가 포함된 경우, 발광 소자 배열부(110) 상에 설정된 주파수 중 의도 인지 대상자의 의도와 관련된 주파수 및 그 주파수들을 합한 주파수를 참고하여 정확한 주파수를 선택할 수 있다.
- [113] 그런 다음, 형상 분석 모듈(123)은 발광 소자 배열부(110) 상의 복수의 그룹 중 상기 검출한 적어도 하나의 주파수와 대응하는 주파수로 설정된 그룹을

- 검출한다. 그리고, 형상 분석 모듈(123)은 상기 검출한 그룹의 발광 소자들의 배열 형태에 의한 형상에 기초하여 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론한다.
- [114] 이때, 형상 분석 모듈(123)은 측정된 뇌파 신호로부터 둘 이상의 주파수가 검출된 경우, 검출된 둘 이상의 주파수에 대응되는 발광 소자 배열부(110)의 그룹별 발광 소자의 배열 형태를 조합하여 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론할 수 있다.
- [115] 예를 들어, 의도 인지 대상이 문자 “T”를 연상한 경우, 도 10의 (b)에서와 같이 형상 분석 모듈(123)은 발광 소자 배열부(110) 상의 행 및 열 중 문자 “T”의 형상에 대응되는 35Hz 및 7Hz의 주파수와, 35Hz 및 7Hz를 합한 42Hz를 검출할 수 있다.
- [116] 이때, 형상 분석 모듈(123)은 뇌파 신호로부터 검출된 35Hz 및 7Hz 및 42Hz에 대응하는 발광 소자 배열부(110) 상의 행 및 열을 판단하고, 판단한 행 및 열에 해당하는 발광 소자의 배열 형태에 따른 형상(즉, 문자 “T”에 대응하는 형상)을 추론하여 판단한다.
- [117] 형상 분석 모듈(123)은 기저장된 복수의 기준 형상과 상기 검출한 그룹에 의한 형상 간의 유사도를 산출하여, 유사도가 가장 높은 형상을 의도 인지 대상이 연상한 형상으로 추론하는 것도 가능하다. 이때, 형상 분석 모듈(123)은 사전에 글자(문자), 숫자, 및 기호 등의 다양한 종류의 형상을 포함하는 기준 형상과 각 기준 형상에 대응되는 발광 소자 배열부(110) 상의 발광 소자 그룹들의 정보를 매칭하여 저장해둘 수 있다.
- [118] 한편, 이상에서는 형상 분석 모듈(123)이 뇌파 신호로부터 검출된 주파수 및 해당 주파수들의 합에 기초하여 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 것을 설명하였다. 이외에도 형상 분석 모듈(123)은 검출된 뇌파 신호를 패턴 인식(pattern recognition) 통계법 및 기계 학습(machine learning) 방법 등의 기설정된 방식을 통해서 의도 인지 대상이 주시하고 있는 형상을 해독(decoding)할 수 있다.
- [119] 다시 도 8로 돌아가서, 신경 기능 정보 저장부(130)는 기설정된 복수의 뇌 신경 기능 및 각 뇌 신경 기능에 해당하는 신경 부위 별로 기준 형상 및 초음파 자극 매개 변수의 조합이 매칭되어 저장되어 있다. 이때, 초음파 자극 매개 변수의 조합은 해당 뇌 신경 기능을 최적으로 제어할 수 있도록 하는 조합으로서, 상기 도 1 내지 도 6을 통해 설명한 산출부(310), 저장부(320), 검색부(330) 및 보정부(360) 중 적어도 하나의 구성의 동작과 동일 또는 유사한 방식을 적용하여 설정하거나, 사전에 실험 등을 통해 설정할 수 있다.
- [120] 구체적으로, 초음파 조사 대상의 뇌의 신경 부위 중 특정 신경 기능(또는 인지 기능 등)을 담당하는 각각의 부위가 설정되며, 각 뇌 신경 기능의 구분 및 조절 정도를 결정할 수 있는 기준 형상과, 해당 뇌 신경 기능의 조절에 적합한 초음파의 출력을 제어할 수 있는 초음파 자극 매개 변수의 조합이 매칭된다. 참고로, 초음파를 조사할 부위로서 뇌를 포함한 중추 신경계 및 말초 신경계를

포괄하는 신경계 모두가 포함될 수 있다.

- [121] 구체적으로, 도 11은 본 발명의 다른 실시예에서 뇌 신경 기능 별 초음파 조사 위치를 설명하기 위한 개념도이다.
- [122] 예를 들어, 도 11에 도시한 바와 같이, 두뇌의 여러 부위 중 브로카(Broca) 영역은 언어의 생성을 담당하고, 베르니케(Wernicke) 영역은 언어의 이해를 담당하고, 전두엽(frontal lobe)은 의사 결정을 담당하며, 해마체(hippocampus)는 학습과 기억을 담당하고, 편도체(amygdala)는 감정 조절을 담당한다. 그 외에도, 주의 집중력을 담당하는 광범위한 뇌 신경망과 생체 시계를 담당하는 시교차상핵(suprachiasmatic nucleus) 등 여러 부위가 사전에 설정될 수 있다. 참고로, 두뇌의 신경 기능 별 부위는 3차원 공간 상의 위치 좌표 값으로서 설정될 수 있다.
- [123] 이에 따라, 도 8에서 설명할 초음파 출력부(140)를 통해 초음파 초점을 원하는 뇌의 특정 부위에 조사하게 되면, 그 부위와 관련이 있는 신경 기능(또는 인지 기능 등)의 변화가 발생한다.
- [124] 한편, 신경 기능 정보 저장부(130)에는 어느 하나의 뇌 신경 기능 별로 둘 이상의 초음파 자극 매개 변수의 조합이 매칭되어 저장될 수 있으며, 이에 따라 초음파 자극 매개 변수의 조합 별로 하나의 뇌 신경 기능이 상이하게 제어될 수 있다.
- [125] 참고로, 초음파 자극 매개 변수는, 하기에서 설명할 초음파 출력부(140)를 통해 출력되는 집속 초음파에 대한 초음파 중심 주파수, 초음파 자극이 중단없이 진행되는 단위 시간, 초음파 자극 단위(예를 들어, 'pulse')의 단위 시간당(예를 들어, 1초) 반복 횟수, 단위 시간에 투여된 초음파 시간이 차지하는 백분율, 초음파 조사 단위 면적 당 초음파 강도, 및 초음파 총 조사 시간 중 적어도 하나를 포함한다. 이때, 뇌에 조사될 집속 초음파의 강도, 횟수, 시간 등의 매개 변수의 조합은 뇌의 생체 조직에 손상을 입히지 않으면서도, 해당 뇌 신경 기능을 목적에 따라 조절할 수 있는 최적의 조합으로 설정될 수 있다.
- [126] 이러한, 초음파 자극 매개 변수를 조절하면 해당 신경 기능을 강화 또는 약화시킬 수 있다.
- [127] 예를 들어, 특정 뇌 신경 기능을 선택한 후, 특정 초음파 자극 매개 변수의 조합에 따른 초음파를 조사할 경우 학습 능력을 향상시킬 수도 있고, 동일 뇌 부위에 대해 다른 초음파 자극 매개 변수의 조합에 따른 초음파를 조사할 경우 학습 능력을 약화시킬 수 있다. 이처럼, 인지 혹은 신경 기능을 목적하는 바에 따라 특정한 정도로 조절하여 제어할 수 있다.
- [128] 이외에도, 뇌의 중추 신경 기능을 자극하여 초음파 조사 대상이 따뜻함, 차가움, 통증 등의 촉각(tactile sensation, proprioception, thermal sensation, pain perception, sensation of movement)을 가상으로 느낄 수 있게 하는 것도 가능하며, 뇌의 특정 신경 기능을 자극하여 말초 신경 제어를 통한 운동 능력의 조절도 가능하다.

- [129] 다시 도 8로 돌아가서, 초음파 출력부(140)는 형상 추론부(120)가 추론한 형상을 획득하고, 신경 기능 정보 저장부(130)에 저장된 복수의 기준 형상을 참조하여 상기 추론한 형상과 대응된 기준 형상을 검출한다. 그리고, 초음파 출력부(140)는 신경 기능 정보 저장부(130)에 저장된 기준 형상 별 초음파 자극 매개 변수의 조합을 참조하여, 상기 검출한 기준 형상에 매칭된 뇌 신경 기능 및 초음파 자극 매개 변수의 조합을 검출한다.
- [130] 그런 후, 초음파 출력부(140)는 3차원 공간 상에서 초음파 초점과 타겟(즉, 초음파를 조사할 타겟 부위) 좌표 간의 정합 처리를 수행한다. 그리고, 초음파 출력부(140)는 상기 정합 처리의 결과를 적용하여, 상기 검출한 초음파 자극 매개 변수의 조합에 따른 집속 초음파(focused ultrasound)를 초음파 조사 대상의 뇌에 비침습적으로 조사(照射)되도록 출력한다.
- [131] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)은, 뇌전도에 기반한 두뇌-기계(또는 컴퓨터) 인터페이스 장치와 초음파에 기반한 기계(또는 컴퓨터)-두뇌 인터페이스 장치로 분리되어 구성될 수 있으며, 상기 두 인터페이스 장치는 각각 서로 간에 무선으로 정보를 송수신하는 무선 송/수신부(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [132] 구체적으로, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)에서 뇌전도 기반 두뇌-기계(또는 컴퓨터) 인터페이스 장치는, 형상 추론부(120)를 통해 추론된 연상 형상의 정보를 무선 통신을 통해 초음파 출력부(140) 측으로 전송하는 무선 송신부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 그리고, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)에서 초음파 기반 기계(또는 컴퓨터)-두뇌 인터페이스 장치는, 상기 무선 송신부로부터 연상 형상의 정보를 무선 수신하여 초음파 출력부(140)로 전달하는 무선 수신부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 즉, 상기 도 8에서 나타낸 초음파 출력 시스템(100)에서 형상 추론부(120)와 초음파 출력부(140) 사이에 무선 송/수신부(미도시)가 더 추가 구성될 수 있다.
- [133] 이처럼, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력 시스템(100)은 의도 인지 대상의 뇌파를 무선으로 측정할 수 있어 초음파 출력 시스템(100) 자체의 이동성(portability)를 크게 높여 편리하다. 또한, 초음파 출력 시스템(100)은 실시간으로 뇌파 정보를 신속하게 분석할 수 있어 진행 중인(ongoing) 두뇌-기계(또는 컴퓨터) 인터페이스 처리에 사용할 수 있다.
- [134] 이하, 도 12를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 출력부의 구성 및 동작에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [135] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 출력부의 상세 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- [136] 도 12에 도시한 바와 같이, 초음파 출력부(140)는 뇌 위치 좌표 저장 모듈(141), 3차원 위치 추적 모듈(142), 위치 좌표 정합 모듈(143) 및 초음파 출력 제어 모듈(144)을 포함하여 구성된다.

- [137] 뇌 위치 좌표 저장 모듈(141)은 초음파 조사 대상의 뇌를 자기공명영상(Magnetic Resonance Image) 촬영한 뇌 이미지를 이용하여 3차원 위치 좌표를 생성하고, 복수의 뇌 신경 기능 별로 기설정된 뇌 상의 위치와 상기 생성된 3차원 위치 좌표를 매칭하여 저장한다. 참고로, 정확한 3차원 좌표 추적 및 접근을 위해 해당 뇌(즉, 초음파 조사 대상의 뇌)를 고정시킨 후 MRI촬영 또는 초음파 초점 좌표 설정을 수행할 수 있다.
- [138] 이때, 상기 도 8에서와 같이, 본 발명의 일 실시예에서 초음파 출력 시스템(100)은 초음파 조사 대상의 뇌를 MRI 촬영하는 MRI 촬영부(150)를 자체적으로 포함할 수 있으며, 뇌 위치 좌표 저장 모듈(141)은 MRI 촬영부(150)로부터 뇌 이미지를 획득할 수 있다. 한편, 본 발명의 실시예에서는 MRI 촬영부(150)가 초음파 출력 시스템(100)와 별도의 외부 장비로 구성될 수 있으며, MRI 촬영부(150)와 뇌 위치 좌표 저장 모듈(141)이 서로 연동되어 MRI 촬영부(150)로부터 뇌 이미지를 획득하는 것도 가능하다.
- [139] 다시 도 12로 돌아가서, 3차원 위치 추적 모듈(142)은 초음파 발생기(transducer)(미도시)로부터 출력될 초음파의 초점에 대한 3차원 공간 상의 좌표 값을 추적한다. 즉, 초음파 조사 대상 뇌의 3차원 공간 상에 조사될 초음파 초점에 대한 가상 좌표 값을 산출한다. 이러한 초음파 초점의 가상 좌표 값을 이용하여 초음파가 조사될 위치를 추적 및 확인함으로써, 초음파 조사 대상 뇌의 부위 중 설정된 특정 위치에 초음파를 정확하게 조사할 수 있다.
- [140] 예를 들어, 초음파 출력 시스템(100)은 초음파 발생기를 지지하는 홀더(holder)부(미도시)에 고정 설치된 적외선 마커(marker)(미도시) 및 연동된 적외선 추적 카메라(미도시)를 사용하여 초음파 발생기가 출력할 초음파 초점에 대한 3차원 공간 상의 가상 좌표 값을 산출할 수 있다. 참고로, 초음파 발생기는 하기에 설명할 초음파 출력 제어 모듈(144)의 제어에 따라 초음파를 발생시키는 기기이고, 적외선 추적 카메라는 적외선 마커의 3차원 공간 상의 위치 좌표(즉, 초음파 출력기의 위치 좌표)를 추적하여 제공한다. 또한, 초음파 발생기 및 적외선 추적 카메라 중 적어도 하나의 구성은 초음파 출력 시스템(100)에 일체형으로 포함되거나, 별개로 분리되어 포함되며 초음파 출력 시스템(100)과 연동될 수 있다.
- [141] 구체적으로, 3차원 위치 추적 모듈(142)은 적외선 추적 카메라로부터 제공된 적외선 마커의 3차원 공간 상 위치 좌표를 획득하고, 적외선 마커의 위치 좌표 및 적외선 마커로부터 초음파 초점까지의 상대적 거리 정보를 이용하여 초음파 초점의 3차원 공간 상의 가상 좌표 값을 산출한다. 참고로, 초음파 발생기가 출력할 집속 초음파의 초점 거리는 사전에 설정되어 있는 상태이다.
- [142] 위치 좌표 정합 모듈(143)은 상기 뇌 이미지를 이용하여 생성한 초음파 조사 대상의 뇌에 대한 3차원 위치 좌표와 상기 초음파 초점의 가상 좌표를 정합(align)하여 초음파의 3차원 공간 상의 출력 좌표를 산출한다. 이에 따라, 초음파 발생기의 초음파 출력 위치가 이동함에 따라 초음파 조사 대상의

두부(頭部) 내부의 3차원 공간 상에 초음파가 출력될 가상 위치가 실시간으로 연동되어 추적된다.

[143] 초음파 출력 제어 모듈(144)은 상기도 8의 형상 추론부(120)가 추론한 형상에 기초하여 제어하고자 하는 뇌 신경 기능을 검출하고, 상기 뇌 이미지를 이용하여 생성된 신경 부위 별 3차원 위치 좌표 중 상기 검출된 뇌 신경 기능에 따른 해당 신경 부위의 3차원 위치 좌표를 검출한다.

[144] 그리고, 초음파 출력 제어 모듈(144)은 실시간으로 산출된 초음파 초점의 출력 좌표가 상기 검출된 해당 신경 부위의 3차원 위치 좌표에 대응되면, 해당 초음파 초점의 출력 좌표를 목표 좌표로 설정한다. 그런 후, 초음파 출력 제어 모듈(144)은 설정된 목표 좌표 상의 뇌의 위치에 상기 검출한 뇌 신경 기능에 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합에 따른 집속 초음파가 출력되도록 제어한다.

[145] 참고로, 이상에서 설명한 초음파 출력 시스템(100)의 초음파 초점에 대한 3차원 공간 상의 가상 좌표 값 산출 방식 및 초음파 출력 방식은 상기도 1 내지도 6을 통해 설명한 좌표 정합부(340) 및 초음파 출력부(350)의 구성 및 동작과 동일 또는 유사한 방식으로 설정될 수 있다.

[146] 또한, 본 발명의 실시예에서 초음파 출력부(140)는 초음파 발생기(미도시)를 통해 집속 초음파를 출력하되, 초음파 발생기의 출력단에 비유동성의 초음파 투과 매질(예를 들어, 젤(gel) 타입 및 특수 고무 재질)을 장착할 수 있다. 이러한 비유동성의 매질을 통해 상기 출력된 집속 초음파를 초음파 조사 대상의 접촉 부위(표면)에 전달시킬 수 있다. 이에 따라, 비침습적으로 초음파 에너지를 뇌 신경 부위 깊숙이 전달할 수 있다. 참고로, 초음파 에너지 전달의 매질로서 ‘탈-기체 물(degassed water)’을 사용할 수도 있으나, 휴대용 초음파 발생기 등에는 유동성 액체가 적합하지 않아 비유동성 초음파 매질을 사용할 수 있다.

[147] 이하, 도 13을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 방법을 상세히 설명하도록 한다.

[148] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 뇌-뇌 인터페이스를 위한 초음파 출력 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[149] 먼저, 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정한다(S710).

[150] 이때, 상기 단계 (S710) 이전에, 발광 소자 배열부(110)에 배열된 복수의 발광 소자를 배열 위치 별로 상이한 주파수로 점멸하도록 제어하고, 이와 같은 발광 소자 배열부(110)를 주시하는 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정한다. 이에 따라, 의도 인지 대상의 의도에 따른 주의 집중 형상을 반영하는 정상상태 시각유발 전위(SSVEP)가 측정될 수 있다.

[151] 다음으로, 측정된 뇌파 신호에 기초하여 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론한다(S720).

[152] 구체적으로, 측정된 뇌파 신호에 포함된 적어도 하나의 주파수를 검출하고, 검출한 적어도 하나의 주파수에 대응된 주파수로 점멸하는 발광 소자의 배열

형태에 기초하여 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론한다. 이때, 기설정된 기준 형상 중 어느 하나와 발광 소자의 배열 형태에 기초한 형상 간의 유사도를 산출하여, 유사도가 가장 높은 형상을 의도 인지 대상이 연상한 형상으로 추론할 수 있다.

- [153] 그런 후, 기설정된 복수의 뇌 신경 기능 별로 매칭된 기준 형상 중 상기 추론된 형상에 대응하는 기준 형상을 검출한다(S730).
- [154] 그리고, 검출된 기준 형상에 매칭된 제어 대상 뇌 신경 기능의 종류 및 해당 신경 부위의 3차원 위치 좌표 정보와, 해당 신경 기능의 최적 제어 조건으로서 매칭된 초음파 매개 변수의 조합을 검출한다(S740).
- [155] 이때, 초음파 매개 변수는 초음파 중심 주파수, 초음파 자극이 중단없이 지속된 최소 단위 시간, 초음파 자극 단위의 단위 시간당 반복 횟수, 단위 시간에 조사된 초음파 시간이 차지하는 백분율, 초음파 조사 단위 면적 당 초음파 강도, 및 초음파 총 조사 시간 중 적어도 하나를 포함한다. 또한, 상기 단계 (S740) 이전에 어느 하나의 뇌 신경 기능 별로 둘 이상의 초음파 자극 매개 변수의 조합을 매칭하여 저장할 수 있으며, 초음파 매개 변수의 조합에 따라 뇌 신경 기능이 상이하게 조절 및 제어될 수 있다.
- [156] 그런 후, 검출된 초음파 매개 변수의 조합에 기초하여 집속 초음파를 출력하되, 집속 초음파가 초음파 조사 대상의 뇌에 비침습적으로 조사되도록 출력한다(S750).
- [157] 구체적으로, 상기 단계 (S750)는 다음과 같은 단계들을 수행하여 처리될 수 있다.
- [158] 먼저, 초음파 조사 대상의 뇌를 MRI 촬영한 뇌 이미지를 이용하여 3차원 위치 좌표를 생성하고, 복수의 뇌 신경 기능 별로 기설정된 뇌 상의 위치(즉, 신경 부위)와 상기 생성된 3차원 위치 좌표를 매칭한다.
- [159] 그런 다음, 초음파 발생기에 부착된 적외선 마커의 3차원 공간 상의 위치 좌표 정보를 연동된 적외선 추적 카메라로부터 획득한다.
- [160] 그리고, 적외선 마커의 위치 정보 및 적외선 마커로부터의 초음파 초점의 상대적 거리 정보를 이용하여 초음파 초점의 3차원 공간 상의 가상 위치 좌표 값을 산출한다.
- [161] 그런 후, 뇌 이미지를 이용하여 생성한 뇌 신경 기능 별 신경 부위의 3차원 위치 좌표와 상기 초음파 초점의 가상 위치 좌표를 정합(align)하여 초음파 초점의 3차원 공간(즉, 초음파 조사 대상의 뇌) 상 출력 좌표를 산출한다.
- [162] 다음으로, 상기 단계 (S730)에서 검출된 추론 형상에 대응된 기준 형상에 기초하여 목적하는 뇌 신경 기능을 검출하고, 목적하는 뇌 신경 기능에 매칭된 뇌 신경 부위의 3차원 위치 좌표를 검출한다.
- [163] 그런 후, 상기 산출된 초음파 초점의 출력 좌표가 상기 검출한 뇌 신경 부위의 3차원 위치 좌표에 대응되면, 목적하는 뇌 신경 기능에 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합에 따른 집속 초음파를 출력하여 초음파 조사 대상의 뇌에

비침습적으로 조사되도록 한다.

- [164] 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [165] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [166] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.



## 청구범위

- [청구항 1] 초음파 출력 시스템에 있어서,  
 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다 N개의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출하는 산출부,  
 각 신경 기능별로 구분하여 상기 매핑 정보가 저장된 저장부,  
 미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색하는 검색부,  
 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3차원 공간상에서 정합하는 좌표 정합부 및  
 상기 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 출력하는 초음파 출력부를 포함하되,  
 상기 초음파 출력부는 상기 출력된 초음파를 사용자에게 전달하는매질로 형성된 초음파 투과부를 포함하는 초음파 출력 시스템.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,  
 상기 초음파 자극 변수는 초음파의 중심 주파수, 초음파 자극이 중단되지 않고 가해진 단위 시간, 단위 시간 동안 투여된 초음파 자극의 백분율, 단위 시간당 초음파 자극의 반복 횟수, 단위 면적당 가해진 초음파 에너지의 강도 및 초음파 자극의 총 투여 시간인 초음파 출력 시스템.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,  
 상기 초음파 투과부의 매질은 젤 또는 고무인 것인 초음파 출력 시스템.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,  
 상기 초음파 투과부는 구형으로 형성된 것인 초음파 출력 시스템.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,  
 사용자별 편차에 기초하여 상기 매핑 정보의 표준 오차를 산출하고, 상기 표준 오차에 기초하여 상기 매핑 정보를 보정하는 보정부를 더 포함하는 초음파 출력 시스템.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,  
 상기 검색 조건은 타겟 위치 및 상기 타겟 위치에 따라 구분되는 신경 기능인 것인 초음파 출력 시스템.
- [청구항 7] 초음파 출력 시스템을 통한 초음파 출력 방법에 있어서,  
 미리 설정된 알고리즘에 기초하여 각 신경 기능마다 미리 설정된 복수의 초음파 자극 변수에 대한 매핑 정보를 산출하는 단계,  
 상기 매핑 정보를 각 신경 기능별로 구분하여 저장하는 단계,

미리 설정된 검색 조건에 기초하여 초음파를 출력하기 위한 타겟 위치와 제어할 신경 기능에 대응되는 매핑 정보를 검색하는 단계, 초음파의 가상 초점 좌표와 실제 초음파가 투여될 타겟의 좌표를 3차원 공간상에서 정합하는 단계 및

상기 검색된 타겟 위치에 대응되는 매핑 정보에 기초하여 초음파를 투과하는 매질 상으로 초음파를 출력하는 단계를 포함하는 초음파 출력 방법.

[청구항 8]

제 7 항에 있어서,

상기 초음파 자극 변수는 초음파의 중심 주파수, 초음파 자극이 중단되지 않고 가해진 단위 시간, 단위 시간 동안 투여된 초음파 자극 시간의 백분율, 단위 시간당 초음파 자극의 반복 횟수, 단위 면적당 가해진 초음파 에너지의 강도 및 초음파 자극의 총 투여 시간인 초음파 출력 방법.

[청구항 9]

제 7 항에 있어서,

사용자별 편차에 기초하여 상기 매핑 정보의 표준 오차를 산출하는 단계 및

상기 표준 오차에 기초하여 상기 매핑 정보를 보정하는 단계를 더 포함하는 초음파 출력 방법.

[청구항 10]

제 7 항에 있어서,

상기 초음파를 투과하는 매질은 구형으로 형성된 것인 초음파 출력 방법.

[청구항 11]

뇌-뇌 인터페이스를 처리하는 초음파 출력 시스템에 있어서,

의도 인지 대상의 뇌파 신호에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 형상 추론부;

기설정된 복수의 뇌 신경 기능 및 상기 뇌 신경 기능에 매칭된 해당 신경 부위 별로 기준 형상 및 초음파 자극 매개 변수의 조합이 매칭되어 저장된 신경 기능 정보 저장부; 및

상기 추론한 형상에 대응하는 상기 기준 형상을 검출하고, 상기 검출한 기준 형상에 매칭된 상기 뇌 신경 기능, 해당 신경 부위 및 초음파 자극 매개 변수의 조합에 기초하여 집속 초음파(focused ultrasound)를 출력하는 초음파 출력부를 포함하되,

상기 초음파 출력부는,

상기 집속 초음파가 초음파 조사 대상의 뇌에 조사(照射)되도록 초음파 투과 매질을 통해 출력하는 초음파 출력 시스템.

[청구항 12]

제 11 항에 있어서,

상기 초음파 출력부는,

상기 초음파 조사 대상의 뇌를 자기공명영상(Magnetic Resonance Image) 촬영한 뇌 이미지를 이용하여 3차원 위치 좌표를 생성하고,

상기 복수의 뇌 신경 기능 별로 기설정된 상기 해당 신경 부위의 위치와 상기 3차원 위치 좌표를 매칭하여 저장하는 뇌 위치 좌표 저장 모듈;

연동된 적외선 카메라로부터 상기 집속 초음파를 출력하는 초음파 발생기에 부착된 적외선 마커의 위치를 추적한 초음파 출력 위치 좌표를 획득하고, 상기 초음파 출력 위치 좌표와 기설정된 상기 집속 초음파의 출력 거리에 기초하여 상기 집속 초음파의 초점에 대한 3차원 공간 상의 가상 좌표를 산출하는 3차원 위치 추적 모듈; 상기 뇌 이미지를 이용하여 생성한 3차원 위치 좌표와 상기 집속 초음파의 초점에 대한 가상 좌표를 정합(align)하여 상기 집속 초음파의 초점에 대한 출력 좌표를 산출하는 위치 좌표 정합 모듈; 및

상기 검출한 기준 형상에 매칭된 뇌 신경 기능에 대응하는 상기 3차원 위치 좌표를 검출하고, 상기 출력 좌표가 상기 검출한 3차원 위치 좌표에 대응되면 상기 검출한 뇌 신경 기능에 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합에 따른 상기 집속 초음파를 출력하도록 제어하는 초음파 출력 제어 모듈을 포함하는 초음파 출력 시스템.

[청구항 13]

제 11 항에 있어서,

상기 형상 추론부는,

발광 소자 배열부에 배열된 복수의 발광 소자를 배열 위치 별로 상이한 주파수로 점멸하도록 제어하는 발광 소자 제어 모듈;

상기 발광 소자 배열부를 주시하는 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정하는 뇌파 측정 모듈; 및

상기 측정한 뇌파 신호에 포함된 적어도 하나의 주파수를

검출하고, 상기 검출한 적어도 하나의 주파수에 대응된 주파수로 점멸하는 상기 발광 소자의 배열 형태에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 형상 분석 모듈을 포함하는 초음파 출력 시스템.

[청구항 14]

제 13 항에 있어서,

상기 형상 분석 모듈은,

상기 기준 형상 중 어느 하나와 상기 발광 소자의 배열 형태에

기초한 형상 간의 유사도를 산출하여, 상기 유사도가 가장 높은

형상을 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상으로 추론하는 초음파 출력 시스템.

[청구항 15]

제 11 항에 있어서,

상기 신경 기능 정보 저장부는,

어느 하나의 상기 뇌 신경 기능 별로 둘 이상의 초음파 자극 매개 변수의 조합이 매칭되고,

- 상기 초음파 자극 매개 변수의 조합 별로 상기 하나의 뇌 신경 기능이 상이하게 제어되는 초음파 출력 시스템.
- [청구항 16] 제 11 항에 있어서,  
상기 형상 추론부는,  
상기 의도 인지 대상의 정상상태 시각유발 전위(Steady State Visual Evoked Potential, SSVEP)를 측정하고, 상기 정상상태 시각 유발 전위에 기초하여 상기 형상을 추론하는 초음파 출력 시스템.
- [청구항 17] 초음파 출력 시스템을 통한 뇌-뇌 인터페이스를 처리하기 위한 초음파 출력 방법에 있어서,  
의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정하는 단계;  
상기 뇌파 신호에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 단계;  
기설정된 복수의 뇌 신경 기능 별로 매칭된 기준 형상 중 상기 추론한 형상에 대응하는 기준 형상을 검출하는 단계;  
기설정된 상기 복수의 뇌 신경 기능 및 상기 뇌 신경 기능에 대응된 해당 신경 부위 별로 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합 중 상기 검출한 기준 형상에 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합을 검출하는 단계; 및  
상기 검출한 초음파 자극 매개 변수의 조합에 기초하여 집속 초음파(focused ultrasound)를 출력하는 단계를 포함하되,  
상기 집속 초음파를 출력하는 단계는,  
상기 집속 초음파를 초음파 조사 대상의 뇌에 조사(照射)되도록 초음파 투과 매질을 통해 출력하는 초음파 출력 방법.
- [청구항 18] 제 17 항에 있어서,  
상기 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정하는 단계 이전에,  
발광 소자 배열부에 배열된 복수의 발광 소자를 배열 위치 별로 상이한 주파수로 점멸하도록 제어하는 단계를 더 포함하되,  
상기 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정하는 단계는,  
상기 발광 소자 배열부를 주시하는 의도 인지 대상의 뇌파 신호를 측정하는 초음파 출력 방법.
- [청구항 19] 제 17 항에 있어서,  
상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 단계는,  
상기 측정한 뇌파 신호에 포함된 적어도 하나의 주파수를 검출하고, 상기 검출한 적어도 하나의 주파수에 대응된 주파수로 점멸하는 상기 발광 소자의 배열 형태에 기초하여 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 초음파 출력 방법.
- [청구항 20] 제 19 항에 있어서,  
상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 단계는,

상기 기준 형상 중 어느 하나와 상기 발광 소자의 배열 형태에 기초한 형상 간의 유사도를 산출하여, 상기 유사도가 가장 높은 형상을 상기 의도 인지 대상이 연상한 형상으로 추론하는 초음파 출력 방법.

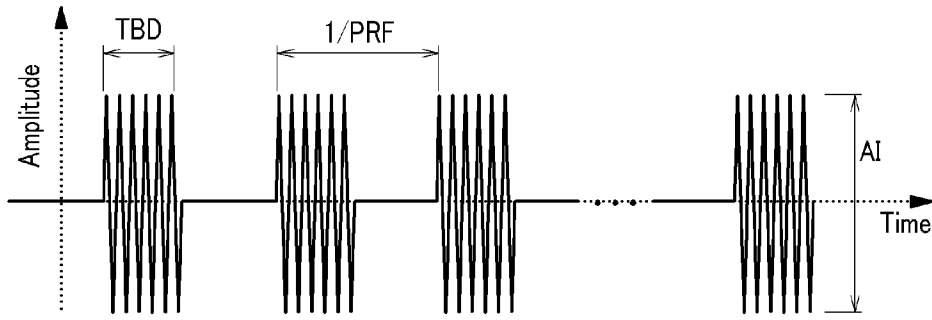
[청구항 21]

제 17 항에 있어서,  
상기 검출한 기준 형상에 매칭된 초음파 자극 매개 변수의 조합을 검출하는 단계 이전에,  
어느 하나의 상기 뇌 신경 기능 별로 둘 이상의 초음파 자극 매개 변수의 조합을 매칭하여 저장하는 단계를 더 포함하되,  
상기 초음파 자극 매개 변수의 조합 별로 상기 하나의 뇌 신경 기능이 상이하게 제어되는 초음파 출력 방법.

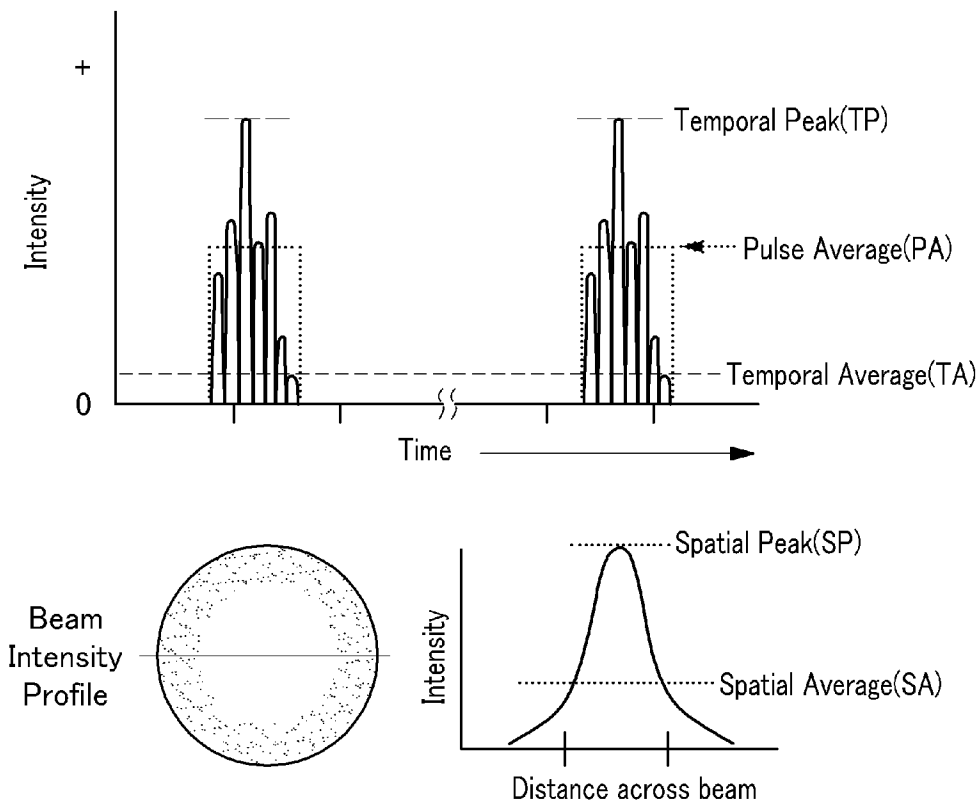
[청구항 22]

제 17 항에 있어서,  
상기 의도 인지 대상이 연상한 형상을 추론하는 단계 및 상기 추론한 형상에 대응하는 기준 형상을 검출하는 단계 사이에,  
상기 의도 인지 대상이 연상한 형상의 추론을 처리하는 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치로부터 상기 기준 형상을 검출하는 컴퓨터-뇌 인터페이스 장치가 상기 추론한 형상에 대한 정보를 무선 수신하는 단계를 더 포함하는 초음파 출력 방법.

[Fig. 1]

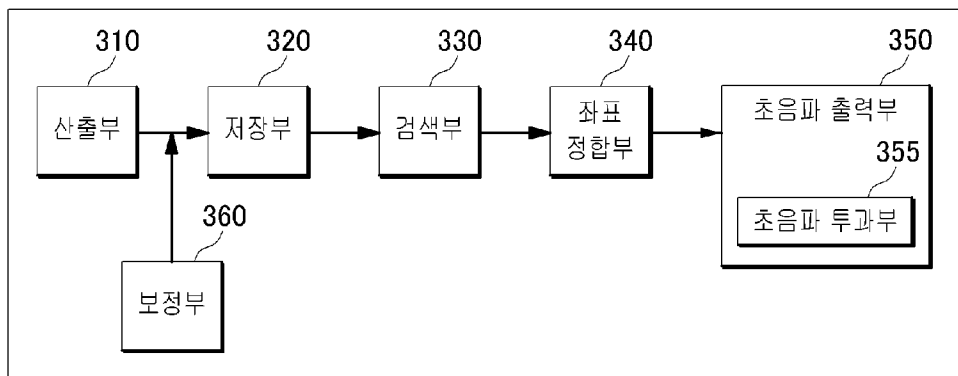


[Fig. 2]

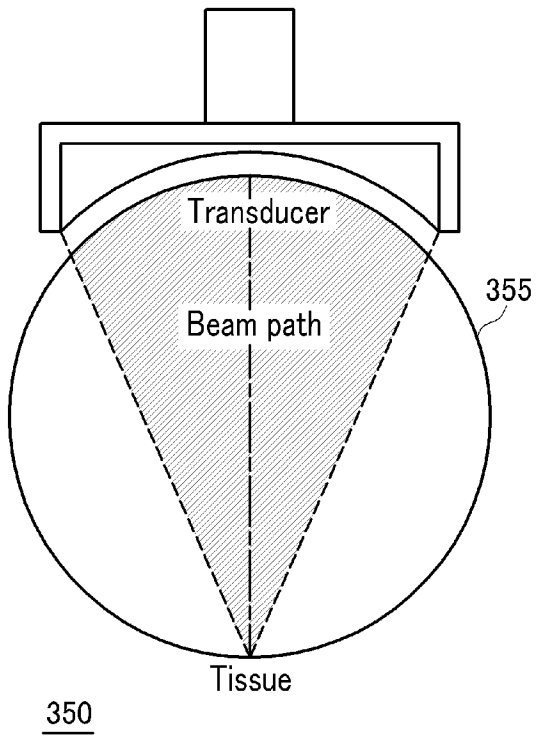


[Fig. 3]

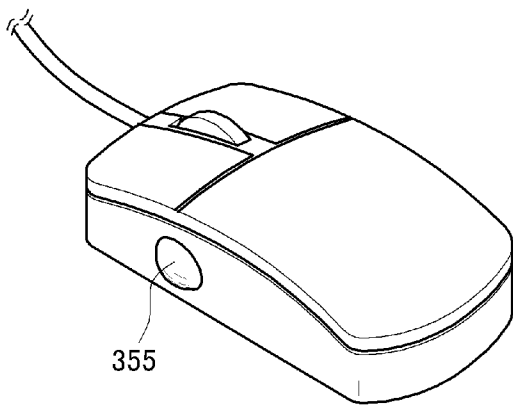
300



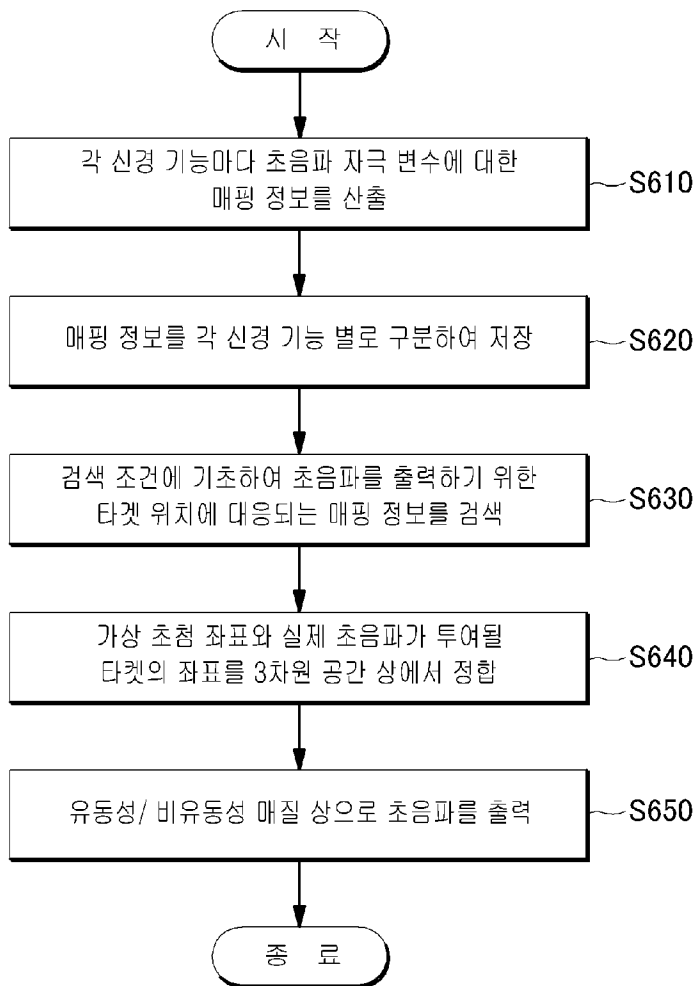
[Fig. 4]



[Fig. 5]

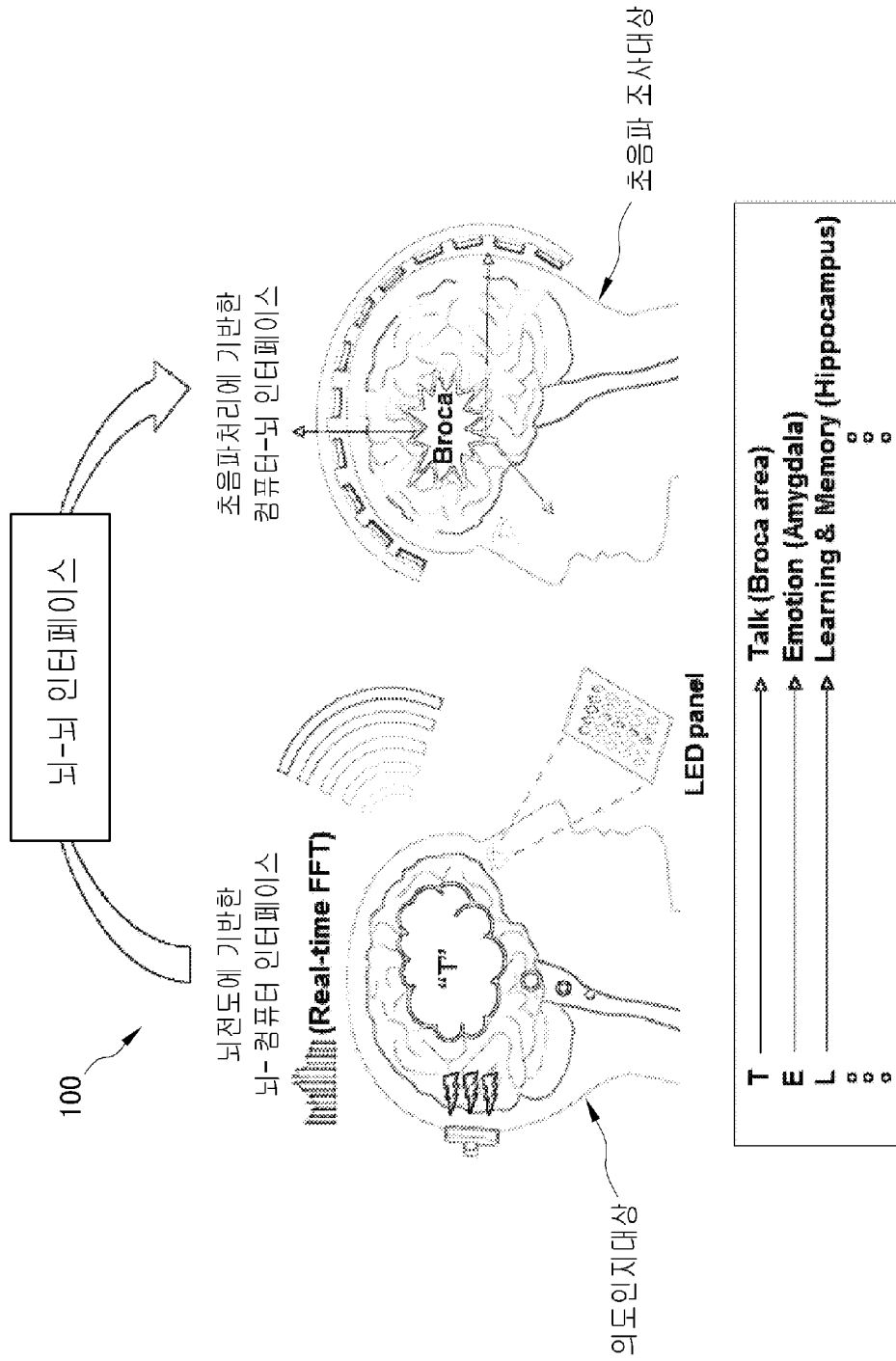


[Fig. 6]

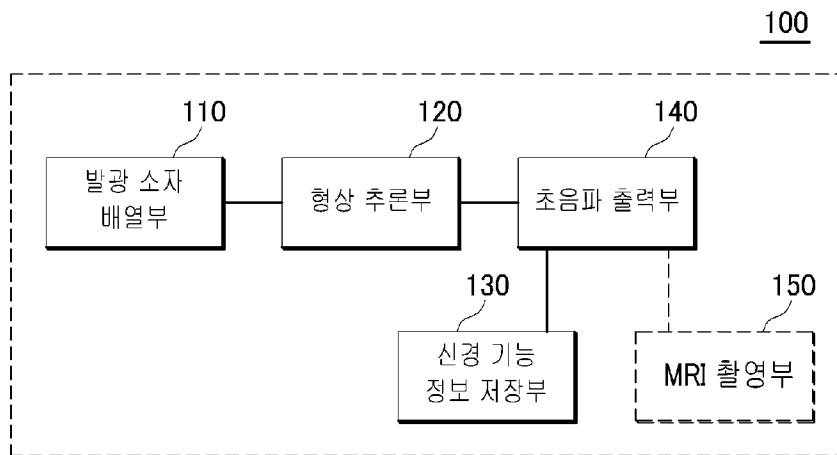




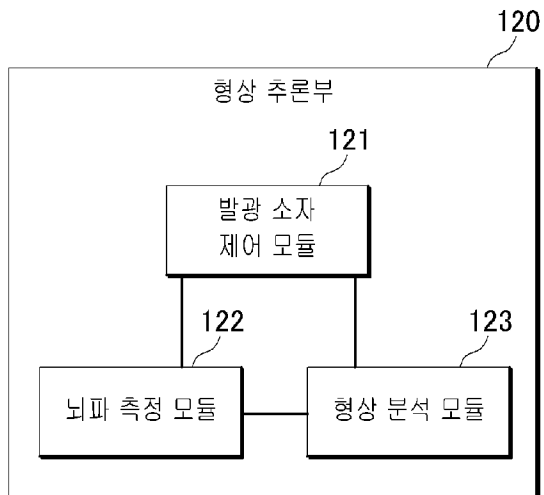
[Fig. 7]



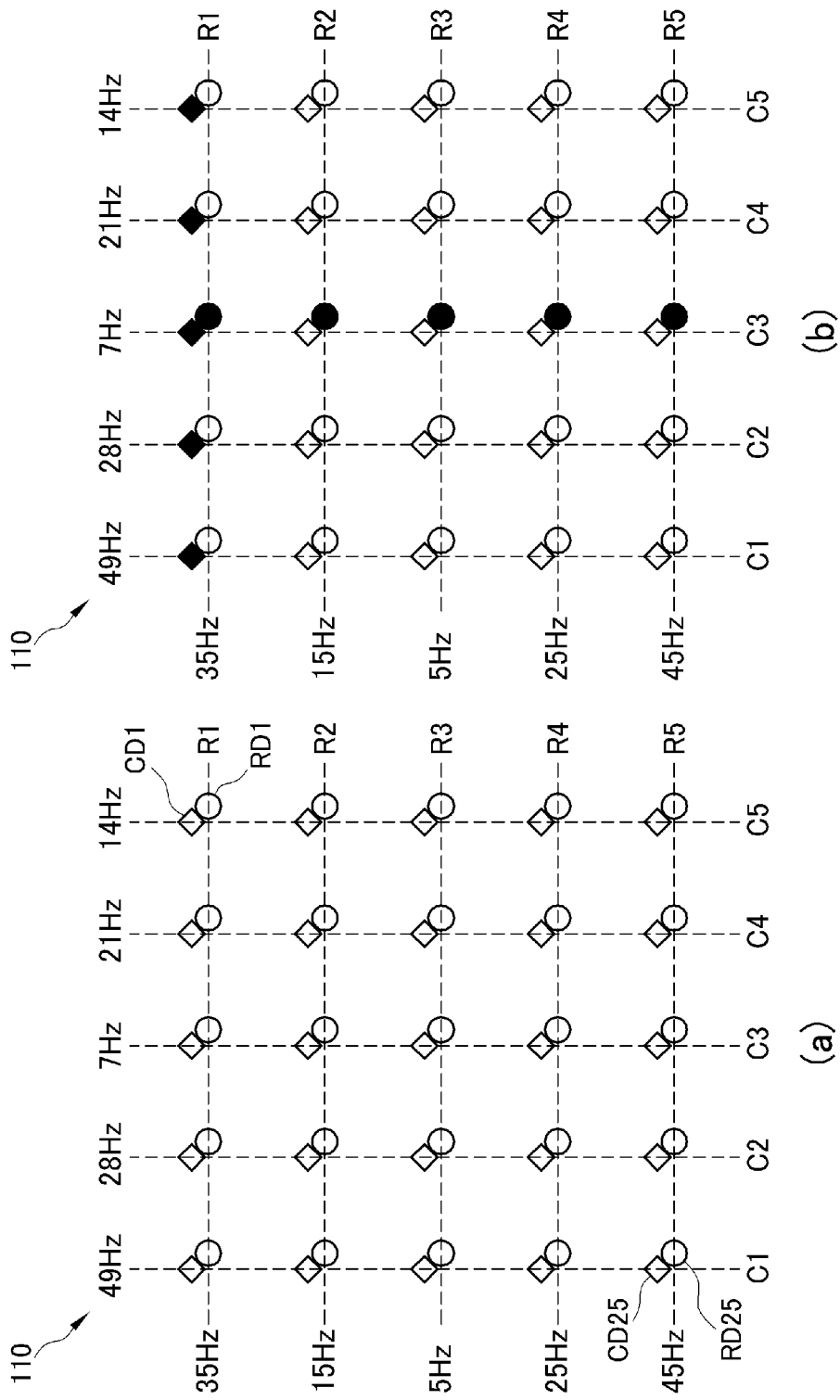
[Fig. 8]



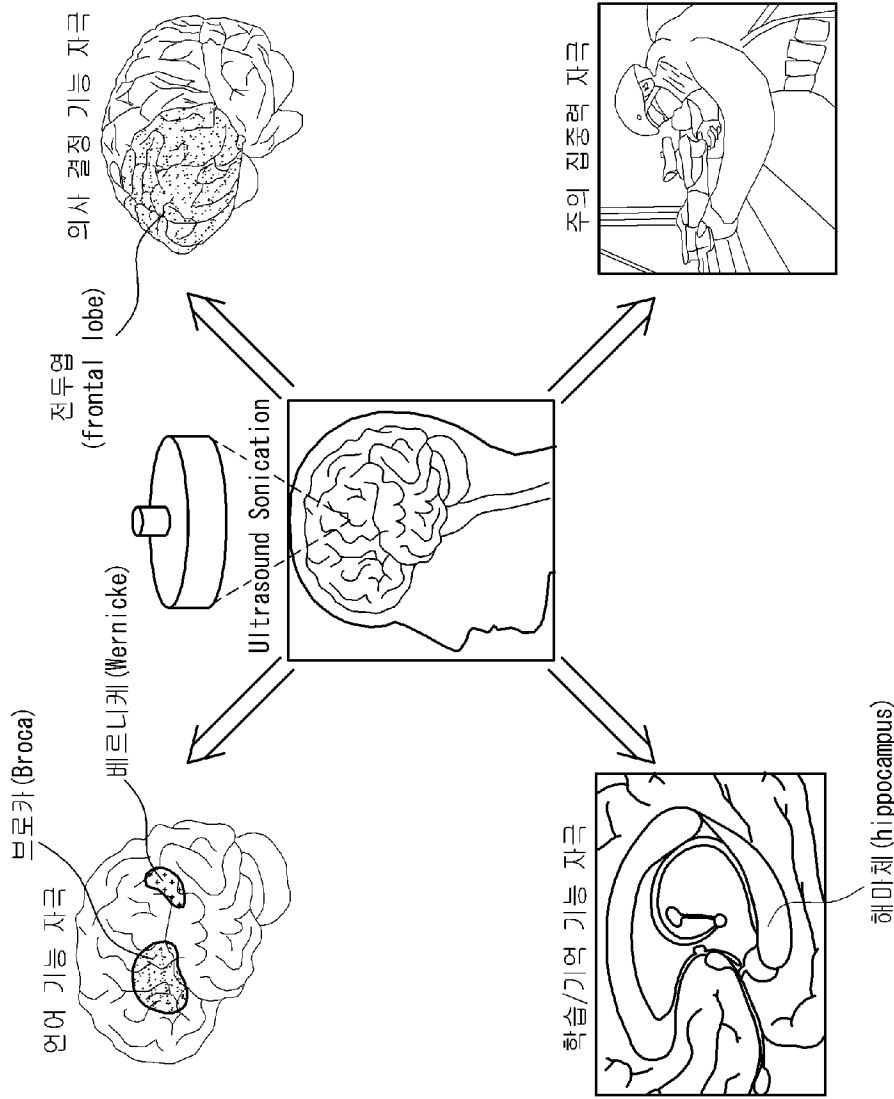
[Fig. 9]



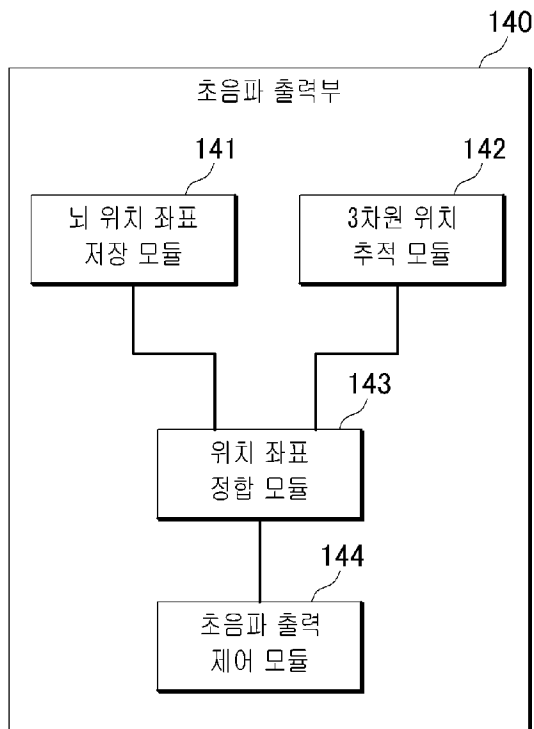
[Fig. 10]



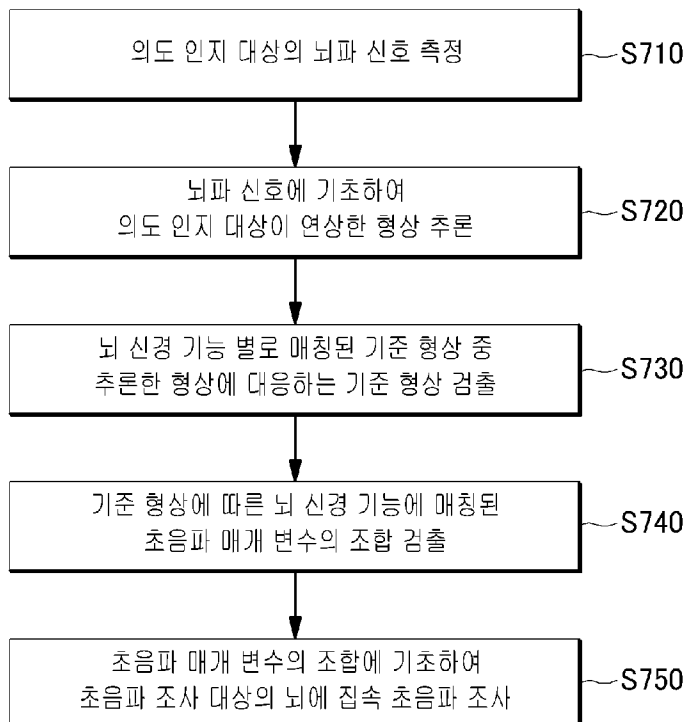
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/004629

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*A61N 7/00(2006.01)i, A61B 5/0476(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61N 7/00; A61N 1/05; A61B 5/0476; A61N 1/18; A61N 1/36; A61B 8/00; A61B 5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) &amp; Keywords: ultrasonic waves, algorithm, nerve, control, brain, interface, cluster, mapping, shape and recognition

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | US 2011-0112603 A1 (DEGIORGIO, Christopher et al.) 12 May 2011<br>See abstract; paragraphs [0005] - [0085]; figures 1A-4B.   | 1-6,11-16             |
| A         | KR 10-2005-0083814 A (LOCKHEED MARTIN CORPORATION) 26 August 2005<br>See abstract; paragraphs [0029] - [0037]; claims 72-89; figure 1.                                       | 1-6,11-16             |
| A         | WO 03-017843 A1 (THE BRIGHAM AND WOMEN'S HOSPITAL, INC. et al.)<br>06 March 2003<br>See abstract; column 16 line 14 - column 33 line 21; claims 1, 10, 14; figures 1-4.      | 1-6,11-16             |
| A         | KR 10-2010-0010714 A (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY FOUNDATION) 02 February 2010<br>See abstract; paragraphs [0013] - [0070]; claims 1, 7-8, 14-15, 20-21; figures 1-5. | 1-6,11-16             |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 AUGUST 2014 (27.08.2014)

Date of mailing of the international search report

27 AUGUST 2014 (27.08.2014)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office  
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,  
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/004629

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: 7-10, 17-22  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:  
Claims 7 to 10 and 17 to 22 relate to a method for treatment of the human body for stimulating human nerves or inhibiting human nerve, and thus pertain to subject matter on which the International Searching Authority is not required to carry out an international search under the provisions of PCT Article 17(2)(a)(i) and PCT Rule 39.1(iv).
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2014/004629**

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member | Publication date |                   |            |
|--|------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------|
| US 2011-0112603 A1                     | 12/05/2011       | AU 2010-303583 A1    | 24/05/2012       |                   |            |
|  |                  | AU 2010-303586 A1    | 24/05/2012       |                   |            |
|  |                  | AU 2010-303588 A1    | 24/05/2012       |                   |            |
|  |                  | AU 2010-303589 A1    | 24/05/2012       |                   |            |
|  |                  | CA 2776693 A1        | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | CA 2776694 A1        | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | CA 2776696 A1        | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | CA 2776697 A1        | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | EP 2485797 A1        | 15/08/2012       |                   |            |
|  |                  | EP 2485797 A4        | 01/05/2013       |                   |            |
|  |                  | EP 2485798 A1        | 15/08/2012       |                   |            |
|  |                  | EP 2485798 A4        | 01/05/2013       |                   |            |
|  |                  | EP 2485799 A1        | 15/08/2012       |                   |            |
|  |                  | EP 2485799 A4        | 15/05/2013       |                   |            |
|  |                  | EP 2485800 A1        | 15/08/2012       |                   |            |
|  |                  | EP 2485800 A4        | 01/05/2013       |                   |            |
|  |                  | JP 2013-506532 A     | 28/02/2013       |                   |            |
|  |                  | JP 2013-506533 A     | 28/02/2013       |                   |            |
|  |                  | JP 2013-506534 A     | 28/02/2013       |                   |            |
|  |                  | JP 2013-506535 A     | 28/02/2013       |                   |            |
|  |                  | KR 10-2012-0101646 A | 14/09/2012       |                   |            |
|  |                  | KR 10-2012-0101647 A | 14/09/2012       |                   |            |
|  |                  | KR 10-2012-0101648 A | 14/09/2012       |                   |            |
|  |                  | KR 10-2012-0101649 A | 14/09/2012       |                   |            |
|  |                  | MX 2012-004050 A     | 14/06/2012       |                   |            |
|  |                  | MX 2012-004051 A     | 08/08/2012       |                   |            |
|  |                  | MX 2012-004052 A     | 23/08/2012       |                   |            |
|  |                  | MX 2012-004053 A     | 30/07/2012       |                   |            |
|  |                  | US 2011-0106220 A1   | 05/05/2011       |                   |            |
|  |                  | US 2011-218589 A1    | 08/09/2011       |                   |            |
|  |                  | US 2011-218590 A1    | 08/09/2011       |                   |            |
|  |                  | US 2013-0158626 A1   | 20/06/2013       |                   |            |
|  |                  | US 2014-0188200 A1   | 03/07/2014       |                   |            |
|  |                  | US 8380315 B2        | 19/02/2013       |                   |            |
|  |                  | US 8688220 B2        | 01/04/2014       |                   |            |
|  |                  | US 8700164 B2        | 15/04/2014       |                   |            |
|  |                  | WO 2011-044173 A1    | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | WO 2011-044176 A1    | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | WO 2011-044178 A1    | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | WO 2011-044179 A1    | 14/04/2011       |                   |            |
|  |                  | KR 10-2005-0083814 A | 26/08/2005       | AU 2003-283026 A1 | 13/05/2004 |
|  |                  |                      |                  | CA 2503493 A1     | 06/05/2004 |
|  |                  |                      |                  | EP 1558333 A1     | 03/08/2005 |
| EP 1558333 B1                          | 23/05/2007       |                      |                  |                   |            |
| JP 2006-503658 A                       | 02/02/2006       |                      |                  |                   |            |
| WO 2004-037344 A1                      | 06/05/2004       |                      |                  |                   |            |
| WO 03-017843 A1                        | 06/03/2003       | EP 1429659 A1        | 23/06/2004       |                   |            |



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2014/004629**

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member | Publication<br>date |
|---|---------------------|-------------------------|---------------------|
|   |                     | EP 1429659 A4           | 11/11/2009          |
|   |                     | JP 04394440 B2          | 06/01/2010          |
|   |                     | JP 2005-500117 A        | 06/01/2005          |
|   |                     | WO 03-017843 A1         | 06/03/2003          |
| KR 10-2010-0010714 A                      | 02/02/2010          | US 2010-0022892 A1      | 28/01/2010          |

| <b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b><br>A61N 7/00(2006.01)i, A61B 5/0476(2006.01)i   |   |   |
|---|---|---|
| <b>B. 조사된 분야</b><br>조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)<br>A61N 7/00; A61N 1/05; A61B 5/0476; A61N 1/18; A61N 1/36; A61B 8/00; A61B 5/00<br>조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌<br>한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC<br>일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC<br>국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))<br>eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 초음파, 알고리즘, 신경, 제어, 뇌, 인터페이스, 집속, 매핑, 형상 및 인지  |   |   |
| <b>C. 관련 문헌</b>   |   |   |
| 카테고리*   | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재  | 관련 청구항                                    |
| A   | US 2011-0112603 A1 (DEGIORGIO CHRISTOPHER 외 2명) 2011.05.12<br>요약; 문단번호 [0005] - [0085]; 도 1A-4B 참조.                                 | 1-6,11-16                                 |
| A   | KR 10-2005-0083814 A (록히드 마틴 코포레이션) 2005.08.26<br>요약; 문단번호 [0029] - [0037]; 청구항 72-89; 도 1 참조.                                      | 1-6,11-16                                 |
| A   | WO 03-017843 A1 (THE BRIGHAM AND WOMEN'S HOSPITAL, INC. 외 2명) 2003.03.06<br>요약; 컬럼 16 라인 14 - 컬럼 33 라인 21; 청구항 1, 10, 14; 도 1-4 참조. | 1-6,11-16                                 |
| A   | KR 10-2010-0010714 A (재단법인서울대학교산학협력재단) 2010.02.02<br>요약; 문단번호 [0013] - [0070]; 청구항 1, 7-8, 14-15, 20-21; 도 1-5 참조.                  | 1-6,11-16                                 |
| <input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.  |   |   |
| * 인용된 문헌의 특별 카테고리:<br>"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌<br>"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허문헌<br>"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌<br>"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌<br>"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌<br>"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌<br>"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.<br>"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.<br>"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌 |   |   |
| 국제조사의 실제 완료일<br>2014년 08월 27일 (27.08.2014)  |   | 국제조사보고서 발송일<br>2014년 08월 27일 (27.08.2014) |
| ISA/KR의 명칭 및 우편주소<br>대한민국 특허청<br>(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,<br>4동 (둔산동, 정부대전청사)<br>팩스 번호 +82-42-472-7140   |   | 심사관<br>양응철<br>전화번호 +82-42-481-5074        |



제2기제란 일부 청구항을 조사할 수 없는 경우의 의견(첫 번째 용지의 2의 계속)

PCT 제17조(2)(a)의 규정에 따라 다음과 같은 이유로 일부 청구항에 대하여 본 국제조사보고서가 작성되지 아니하였습니다.

- 1.  청구항: 7-10, 17-22  
이 청구항은 본 기관이 조사할 필요가 없는 대상에 관련됩니다. 즉,  
청구항 제7항 내지 제10항, 제17항 내지 제22항은 사람의 신경 흥분 혹은 신경 억제 등을 목적으로 하는 인체에 대한 처치방법에 해당하는 발명이므로, PCT 조약 제17조(2)(a)(i) 및 조약규칙 39.1(IV)의 규정에 의하여 국제조사기관이 국제 조사할 의무가 없는 대상에 해당합니다.
- 2.  청구항:  
이 청구항은 유효한 국제조사를 수행할 수 없을 정도로 소정의 요건을 충족하지 아니하는 국제출원의 부분과 관련됩니다. 구체적으로는,
- 3.  청구항:  
이 청구항은 종속청구항이나 PCT규칙 6.4(a)의 두 번째 및 세 번째 문장의 규정에 따라 작성되어 있지 않습니다.

제3기제란 발명의 단일성이 결여된 경우의 의견(첫 번째 용지의 3의 계속)

본 국제조사기관은 본 국제출원에 다음과 같이 다수의 발명이 있다고 봅니다.

- 1.  출원인이 모든 추가수수료를 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 모든 조사 가능한 청구항을 대상으로 합니다.
- 2.  추가수수료 납부를 요구하지 않고도 모든 조사 가능한 청구항을 조사할 수 있었으므로, 본 기관은 추가수수료 납부를 요구하지 아니하였습니다.
- 3.  출원인이 추가수수료의 일부만을 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 수수료가 납부된 청구항만을 대상으로 합니다. 구체적인 청구항은 아래와 같습니다.
- 4.  출원인이 기간 내에 추가수수료를 납부하지 아니하였습니다. 따라서 본 국제조사보고서는 청구범위에 처음 기재된 발명에 한정되어 있으며, 해당 청구항은 아래와 같습니다.

- 이의신청에 관한 기재
- 출원인의 이의신청 및 이의신청료 납부(해당하는 경우)와 함께 추가수수료가 납부되었습니다.
  - 출원인의 이의신청과 함께 추가수수료가 납부되었으나 이의신청료가 보정요구서에 명시된 기간 내에 납부되지 아니하였습니다.
  - 이의신청 없이 추가수수료가 납부되었습니다.

| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일        | 대응특허문헌               | 공개일        |
|-----------------------|------------|----------------------|------------|
| US 2011-0112603 A1    | 2011/05/12 | AU 2010-303583 A1    | 2012/05/24 |
|                       |            | AU 2010-303586 A1    | 2012/05/24 |
|                       |            | AU 2010-303588 A1    | 2012/05/24 |
|                       |            | AU 2010-303589 A1    | 2012/05/24 |
|                       |            | CA 2776693 A1        | 2011/04/14 |
|                       |            | CA 2776694 A1        | 2011/04/14 |
|                       |            | CA 2776696 A1        | 2011/04/14 |
|                       |            | CA 2776697 A1        | 2011/04/14 |
|                       |            | EP 2485797 A1        | 2012/08/15 |
|                       |            | EP 2485797 A4        | 2013/05/01 |
|                       |            | EP 2485798 A1        | 2012/08/15 |
|                       |            | EP 2485798 A4        | 2013/05/01 |
|                       |            | EP 2485799 A1        | 2012/08/15 |
|                       |            | EP 2485799 A4        | 2013/05/15 |
|                       |            | EP 2485800 A1        | 2012/08/15 |
|                       |            | EP 2485800 A4        | 2013/05/01 |
|                       |            | JP 2013-506532 A     | 2013/02/28 |
|                       |            | JP 2013-506533 A     | 2013/02/28 |
|                       |            | JP 2013-506534 A     | 2013/02/28 |
|                       |            | JP 2013-506535 A     | 2013/02/28 |
|                       |            | KR 10-2012-0101646 A | 2012/09/14 |
|                       |            | KR 10-2012-0101647 A | 2012/09/14 |
|                       |            | KR 10-2012-0101648 A | 2012/09/14 |
|                       |            | KR 10-2012-0101649 A | 2012/09/14 |
|                       |            | MX 2012-004050 A     | 2012/06/14 |
|                       |            | MX 2012-004051 A     | 2012/08/08 |
|                       |            | MX 2012-004052 A     | 2012/08/23 |
|                       |            | MX 2012-004053 A     | 2012/07/30 |
|                       |            | US 2011-0106220 A1   | 2011/05/05 |
|                       |            | US 2011-218589 A1    | 2011/09/08 |
|                       |            | US 2011-218590 A1    | 2011/09/08 |
|                       |            | US 2013-0158626 A1   | 2013/06/20 |
|                       |            | US 2014-0188200 A1   | 2014/07/03 |
|                       |            | US 8380315 B2        | 2013/02/19 |
|                       |            | US 8688220 B2        | 2014/04/01 |
|                       |            | US 8700164 B2        | 2014/04/15 |
|                       |            | WO 2011-044173 A1    | 2011/04/14 |
|                       |            | WO 2011-044176 A1    | 2011/04/14 |
|                       |            | WO 2011-044178 A1    | 2011/04/14 |
|                       |            | WO 2011-044179 A1    | 2011/04/14 |
| KR 10-2005-0083814 A  | 2005/08/26 | AU 2003-283026 A1    | 2004/05/13 |
|                       |            | CA 2503493 A1        | 2004/05/06 |
|                       |            | EP 1558333 A1        | 2005/08/03 |
|                       |            | EP 1558333 B1        | 2007/05/23 |
|                       |            | JP 2006-503658 A     | 2006/02/02 |
|                       |            | WO 2004-037344 A1    | 2004/05/06 |
| WO 03-017843 A1       | 2003/03/06 | EP 1429659 A1        | 2004/06/23 |

| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일        | 대응특허문헌             | 공개일        |
|-----------------------|------------|--------------------|------------|
|                       |            | EP 1429659 A4      | 2009/11/11 |
|                       |            | JP 04394440 B2     | 2010/01/06 |
|                       |            | JP 2005-500117 A   | 2005/01/06 |
|                       |            | WO 03-017843 A1    | 2003/03/06 |
| KR 10-2010-0010714 A  | 2010/02/02 | US 2010-0022892 A1 | 2010/01/28 |