(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0072099
(43) 공개일자 2020년06월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*A61B 5/0476* (2006.01) *A61B 5/00* (2006.01)
*A61B 5/04* (2006.01) *G02B 27/01* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*A61B 5/0476* (2013.01)
*A61B 5/0024* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0159874
(22) 출원일자 2018년12월12일
심사청구일자 2018년12월12일

(71) 출원인
**광운대학교 산학협력단**
서울특별시 노원구 광운로 20, 광운대학교 내 (월계동)
(72) 발명자
**오태현**
경기도 성남시 분당구 판교원로82번길 30(운중동, 산운마을13단지아파트)1310동 502호
**김남영**
경기도 광주시 퇴촌면 산수로 1374
**김은성**
경기도 광주시 퇴촌면 산수로 1374
(74) 대리인
**이여송**

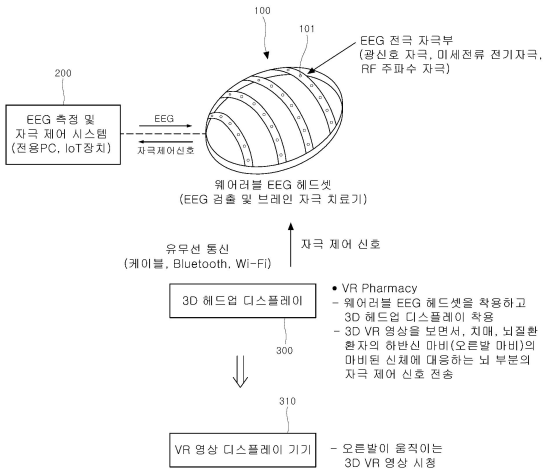
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 **3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템 및 방법**

## (57) 요 약

3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템 및 방법이 개시된다. Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌 질환 병소 위치와 부위, 신체 마비(하반신 불구)에 대응하는 뇌의 위치와 부위를 치료하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이와 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하며, 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 디바이스)와 연동되어 뇌질환 위치와 부위에 신경 자극 치료를 제공하거나, 또는 착용자가 머리에 웨어러블 EEG 헤드셋과 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상을 보면서 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전용 PC 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 자극 제어 신호를 전송하여 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체의 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)를 신경자극 치료를 한다.

*대 표 도* - 도4



(52) CPC특허분류
*A61B 5/04012* (2013.01)
*A61B 5/7225* (2013.01)
*G02B 27/017* (2013.01)

# *명 세 서*

## *청구범위*

### 청구항 1

3D VR 영상/영화를 시청하는 3D 헤드업 디스플레이; 및

상기 3D 헤드업 디스플레이와 유무선 통신을 통해 연동되며, 머리 부분의 측정 지점에 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하며, 다수의 EEG 신호를 검출하여 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하며, 상기 3D 헤드업 디스플레이 또는 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로부터 수신된 자극 제어 신호에 따라 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 자극하는 웨어러블 EEG 헤드셋;

을 포함하는 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋은 머리의 다수의 측정 지점에 각각 EEG 전극과 자극부(신경자극기, nerve stimulator)를 구비하며, 상기 자극부는 1) 광신호 자극부, 2) 미세 전류 전기 자극부, 또는 3) RF 주파수 자극부 중 어느 하나의 자극부를 구비하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되며, 뇌파 분석 프로그램과 각 측정 파형별로 3D 모델링 된 3D 렌더러에 의해 3D 뇌지도를 구비하며, 상기 웨어러블 EEG 헤드셋과 유무선 통신을 통해 다수의 EEG 신호를 수신받아 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스텍트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)을 통해 이상 뇌파가 검출된 뇌전증 병소 위치와 부위의 3차원 좌표(x, y, z)를 3D 뇌지도에 표시하고 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 해당 뇌 부분의 자극 제어 신호를 전송하는 EEG 측정 및 자극 제어 시스템을 더 포함하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋은 상기 전용 PC와 유무선 통신을 통해 연결되는 유선 EEG 헤드셋 또는 무선 EEG 헤드셋으로 제작되는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

### 청구항 5

제3항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋은

머리의 각각의 측정 위치 마다 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비되며, 각 EEG 전극으로부터 EEG 신호를 검출하고, 그리고 자극 제어 신호에 따라 1)광신호 자극, 2)미세 전류 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 해당하는 뇌의 위치와 부위를 자극하는 복수의 EEG 전극 및 자극부;

각각의 EEG 전극으로부터 검출된 EEG 신호를 증폭하는 증폭부;

상기 증폭부로부터 증폭된 EEG 신호를 샘플링 주파수에 따라 A/D 변환하는 ADC;

다수의 EEG 채널의 ADC들로부터 수신된 디지털 EEG 신호를 일정 시간 동안 임시적으로 메모리로 저장하고 이를 유무선 통신을 통해 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하며, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된

신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대하여 상기 자극 제어 신호에 따라 1)광신호 자극, 2)미세 전류 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 해당하는 뇌의 위치와 부위를 자극하도록 제어하는 제어부;

상기 제어부에 연결되고, 다수의 EEG 채널의 ADC들로부터 수신된 디지털 EEG 신호를 일정 시간 동안 임시적으로 저장하는 메모리; 및

상기 제어부에 연결되고, 다수의 EEG 채널별 검출된 EEG 신호를 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하며, 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 수신된 상기 자극 제어 신호를 수신하는 무선 송수신부 또는 적어도 하나 이상의 케이블 연결부를 포함하며,

얼굴 전면 이외에 머리에 착용하는 하우징 케이스와 체결 수단을 구비하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기로써, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 상기 자극 제어 신호에 따라 400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호를 자극하는 광신호 자극부를 사용하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기로써, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 상기 자극 제어 신호에 따라 0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극을 하는 전기 자극부를 사용하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기로써, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 상기 자극 제어 신호에 따라 1~200 Hz RF 주파수 자극을 하는 RF 주파수 자극부를 사용하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋의 착용자는 상기 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고 VR 영상 디스플레이 기기의 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화를 보면서, 상기 웨어러블 EEG 헤드셋의 EEG 전극 채널별로 EEG 신호가 검출되며, 전용 PC 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 수신된 상기 자극 제어 신호에 따라 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 웨어러블 EEG 헤드셋의 자극부(신경 자극기)에 의해 자극되는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 EEG 측정 및 자극제어 시스템은 전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되며,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 각 EEG 채널의 EEG 신호를 수신받고 자극 제어 신호를 전송하는 무선 송수신부 또는 케이블 연결부;

뇌파 분석 프로그램에 의해 각각의 채널별 뇌파 신호를 FFT 변환하여 뇌파신호처리 후 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 출력되도록 제어하며 뇌파 분석과 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)에 의해 뇌전증을 일으키는 비정상 뇌파를 검출하여 뇌전증 발작 위치와 부위를 찾아내 각 측정 지점별로 3D 뇌지

도에 3차원 좌표(x,y,z)를 표시하며, 뇌전증 발작 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 자극되도록 자극 제어 신호를 전송하는 제어부;

상기 제어부에 연결되며, 뇌파 분석 프로그램과 3D 뇌지도와 환자별 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 저장하는 저장부; 및

상기 제어부에 연결되며, 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스펙트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석을 통해 이상 뇌파가 검출된 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 3차원 좌표(x, y, z)를 3D 뇌지도 상에 표시하는, 뇌파 신호처리 및 분석 표시부를 포함하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 EEG 측정 및 자극제어 시스템으로 사용된 전용 PC는 상기 뇌파 분석 프로그램(cilent)에 의해 뇌질환 분석 서버(server)와 데이터베이스를 연결되고, client/server 데이터베이스를 포함하는 뇌질환 컴퓨터 분석 시스템을 구축하며, 상기 데이터베이스에 환자별 측정 시간대와 EEG 뇌파 기록 데이터, 자극 치료 증상 정보를 저장하고, 환자별 질환에 따라 분류하여 EEG 뇌파 기록 데이터를 분류 및 피처 분석, 환자별 뇌파 기록시간별 델타(δ)파, 쎄타(Θ)파, 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(ɣ)파로 분류하여 각각 분류된 뇌파 파형별로 3D 모델링 된 3D 렌더러를 구비하여 3D 뇌지도에 표시, 3D 뇌지도와 CT 이미지와 의료 영상 저장 및 출력, 뇌전증 수술 부위 정량적 분석, 뇌병변 위치 확인 분석, 환자별 뇌전증 수술과 증상 분석, 임상 실험 결과와 증상 분석, 자극 치료와 평가 결과, 및 임상 통계 정보를 데이터베이스에 저장하여 관리하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋은 F-TFTA의 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이 구조의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 플렉시블 보자기 형태의 웨어러블 EEG 헤드셋의 유선 또는 무선 의료기기(케이블, Bluetooth, Wi-Fi)로 사용되며,

플렉시블 기판 상에 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 active matrix 구조로 배치된 F-TFTA;

상기 F-TFTA와 연결된 DDIC;

상기 DDIC와 연결된 제어부와, 상기 제어부에 연결된 저장부와, 상기 제어부에 연결된 무선 송수신부(무선 통신부) 또는 USB 케이블 연결부를 구비하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 13**

플렉시블 기판 상에 매트릭스 구조의 TFT 어레이의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 active matrix 구조로 배치된 F-TFTA를 사용하며, 다채널의 EEG 신호들을 유무선 통신을 통해 전송하며, 뇌 질환 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대하여 자극 제어 신호를 수신하여 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극을 하는 웨어러블 EEG 헤드셋; 및

상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 다채널의 EEG 신호들을 수신받고, 뇌파신호처리 후, 뇌 질환 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대한 상기 자극 제어 신호를 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전송하는 EEG 측정 및 자극 제어 시스템을 포함하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋은 플렉시블 보자기 형태의 웨어러블 EEG 헤드셋을 사용하며,

플렉시블 기판 상에 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 active matrix 구조로 배치된 F-TFTA;

상기 F-TFTA와 연결된 DDIC;

상기 DDIC와 연결된 제어부와, 상기 제어부에 연결된 저장부와, 상기 제어부에 연결된 무선 송수신부(무선 통신부) 또는 USB 케이블 연결부를 구비하며,

각 채널의 EEG 전극의 TFT의 출력 전압과 전류($I_{DS}$)를 측정하여 다채널의 EEG 신호들을 유무선 통신을 통해 전송하며, 상기 자극 제어 신호를 수신하여 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극을 하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 15**

제13항에 있어서,

상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기로써, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 상기 자극 제어 신호에 따라 400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호를 자극하는 광신호 자극부를 사용하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 16**

제13항에 있어서,

상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기로써, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 상기 자극 제어 신호에 따라 0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극을 하는 전기 자극부를 사용하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 17**

제13항에 있어서,

상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기로써, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 상기 자극 제어 신호에 따라 1~200 Hz RF 주파수 자극을 하는 RF 주파수 자극부를 사용하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 18**

제13항에 있어서,

상기 플렉시블 기판은 폴리이미드 또는 폴리실리콘 중 어느 하나가 사용되는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 19**

제13항에 있어서,

상기 F-TFTA는 플렉시블 기판 상에 매트릭스 구조의 각 픽셀에 각각의 TFT의 소스에 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 각각 구비하며

상기 F-TFTA는 매트릭스 구조의 각각의 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 신경자극기(저극부)를 구비하며, 매트릭스 구조로 1000~100만개 EEG 전극과 자극부(신경치료기)가 구비될 수 있는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 20**

제13항에 있어서,

상기 F-TFTA는 매트릭스 구조의 각각의 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 신경자극기를 구비하며,

상기 플렉시블 기판과, 상기 플렉시플 기판위에 형성된 게이트 전극, 상기 게이트 전극을 도포하는 제1 패시베

이션층(게이트 절연층), 상기 패시베이션 층 위에 형성된 소스 전극과 드레인 전극, 및 상기 드레인 전극과 상기 소스 전극 사이에 구비되는 활성층으로 사용되는 IGZO 채널층(활성층)으로 구성되는 EEG 전극을 포함하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 21**

제13항에 있어서,

상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템은 전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되며,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 다채널의 EEG 신호들을 수신받고, 뇌파신호처리 후 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 출력하며 뇌파 분석에 의해 뇌전증을 일으키는 비정상 뇌파를 검출하여 뇌전증 발작 부위를 찾아내며, EEG 채널별 측정된 시간 영역의 뇌파 기록 및 주파수 영역의 주파수 스펙트럼 출력과 분석, 3D 뇌지도에 이상 뇌파 검출된 뇌의 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 3차원 좌표(x,y,z)로 표시하며, 뇌 질환 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대한 상기 자극 제어 신호를 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전송하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템.

**청구항 22**

(a) VR 영상 디스플레이 기기의 3D VR 영상/영화를 시청하는 3D 헤드업 디스플레이와 유무선 통신을 통해 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋에 머리 부분의 측정 지점에 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비되며, 다수의 EEG 신호를 검출하여 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하는 단계; 및

(b) 상기 3D 헤드업 디스플레이 또는 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로부터 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 수신된 자극 제어 신호에 따라 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 자극하는 단계;

을 포함하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋은 머리의 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기, nerve stimulator)를 구비하며, 상기 자극부는 1) 광신호 자극부, 2) 미세 전류 전기 자극부, 또는 3) RF 주파수 자극부 중 어느 하나의 자극부에 의해 해당 뇌 위치와 부위가 자극되는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법.

**청구항 24**

제22항에 있어서,

상기 웨어러블 EEG 헤드셋의 착용자는 상기 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고 VR 영상 디스플레이 기기의 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화를 보면서, EEG 전극 채널별로 EEG 신호가 검출되며, 전용 PC 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 수신된 자극 제어 신호에 따라 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 상기 웨어러블 EEG 헤드셋의 해당 뇌의 위치와 부위에 자극부(신경 자극기)에 의해 신경자극 치료가 실시되는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법.

**청구항 25**

제22항에 있어서,

상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템은 전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되며, 뇌파 분석 프로그램과 3D 뇌지도를 구비하며, 상기 웨어러블 EEG 헤드셋과 유무선 통신을 통해 다수의 EEG 신호를 수신받아 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스텍트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)을 통해 이상 뇌파가 검출된 뇌전증 병소 위치와 부위의 3차원 좌표(x, y, z)를 3D 뇌지도에 표시하고 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 해당 뇌의 위치와 부위의 자극 제어 신호를 전송하는 단계를 더 포함하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법.

**청구항 26**

제24항에 있어서,

상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템은 전용 PC가 사용되며, 뇌파 분석 프로그램(cilent)에 의해 뇌질환 분석 서버(server)와 데이터베이스를 연결되고, client/server 데이터베이스를 포함하는 뇌질환 컴퓨터 분석 시스템을 구축하며, 상기 데이터베이스에 환자별 측정 시간대와 EEG 뇌파 기록 데이터, 자극 치료 증상 정보를 저장하고, 환자별 질환에 따라 분류하여 EEG 데이터를 분류 및 피처 분석, 환자별 뇌파 기록시간별 델타(δ)파, 쎄타(Θ)파, 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(γ)파로 분류하여 각각 분류된 뇌파 파형별로 3D 모델링 된 3D 렌더러를 구비하여 3D 뇌지도에 표시, 3D 뇌지도와 CT 이미지와 의료 영상 저장 및 출력, 뇌전증 수술 부위 정량적 분석, 뇌병변 위치 확인 분석, 환자별 뇌전증 수술과 증상 분석, 임상 실험 결과와 증상 분석, 자극 치료와 평가 결과, 및 임상 통계 정보를 데이터베이스에 저장하여 관리하는, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 뇌파 측정 및 자극 시스템 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(epilepsy, 간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌 질환(brain disorder) 병소 위치와 부위, 신체 마비(하반신 불구)에 해당하는 뇌의 위치와 부위를 치료하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이와 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하며, 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 디바이스)와 연동되어 뇌질환 위치와 부위에 신경 자극 치료를 하거나, 또는 착용자가 머리에 웨어러블 EEG 헤드셋과 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상을 보면서 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전용 PC 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 자극 제어 신호를 전송하여 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 뇌질환에 의해 마비된 신체의 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)를 신경자극 치료를 실시한다.

### *배 경 기 술*

[0002] 뇌파를 최초로 검출한 Hans Berger는 두개골 결손부의 피하에 2개의 백금 전극을 사용하여 뇌파를 기록하였으며, 초기 뇌파 연구에서, 1929년 처음 기록에서는 전두엽(Frontal Lobe)과 후두엽(Occipital Lobe)에 전극(electrode)을 부착하여 1분에서 3분 정도 뇌파를 기록하였다. 뇌파에 반영되는 뇌의 전기적 활동은 신경세포(neurons), 교세포(glia cells), 혈뇌장벽(blood-brain barrier)에 의해 결정되며 주로 신경세포에 의해 발생한다. 뇌 무게의 반을 차지하는 교세포들은 신경세포가 연접해 있는 부위인 시냅스(synapse)에서 이온, 분자의 흐름을 조정하고 신경세포들 간의 구조 유지 및 지탱하는 역할을 한다. 교세포와 혈뇌장벽에 의한 뇌파의 변화는 조금씩 천천히 일어나며, 이와 반대로 신경세포의 활동에 의한 뇌파의 변화는 크고, 빠르며 다양하게 발생한다.

[0003] 뇌파 측정 기술은 의학, 뇌 과학, 인지 과학, 컴퓨터과학, 전자공학을 사용하여 다층 구조의 뇌의 신경 회로망에 대하여 EEG 기반 BCI(EEG-based brain computer interface) 기술이 사용된다. EEG(Electroencephalography, 뇌전도)는 뇌 표면에서 발생하는 전기 포텐셜 차이를 EEG 전극(EEG electrode)에 의해 측정되며 증폭(analog amplifier), ADC, BPF 필터링, 시간 영역(time domain)에서는 FFT 변환 또는 wavelet 변환, Gamma-band response를 사용한 뇌파 분석을 통해 뇌기능 분석 및 뇌질환 진단이 이루어진다.

[0004] 뇌(Brain)의 구조를 측정하는 장치는 CT, Functional MRI와 PET 등이 사용되며, F-MRI와 PET는 뇌파에 비해 공간해상도가 높은 장점이 있으나, 뇌파에 비해 시간해상도가 낮아 빠른 시간 내의 뇌의 변화를 볼 수 없다.

[0005] 머리표면 아래의 대뇌피질(cerebral cortex)은 전두엽(Frontal Lobe), 두정부엽(Parietal Lobe), 측두엽(Temporal Lobe), 후두엽(Occipital Lobe)으로 크게 나뉘며, 후두엽은 일차 시각피질에 의해 일차적인 시각정보처리를 담당하며, 정수리 근처에 해당하는 두정부엽은 체성감각 피질에 의해 운동/감각관련 정보처리를 담당한다.

[0006] 뇌전도(EEG)는 신경계와 뇌신경 세포 사이에 신호가 발생할 때 생기는 미세한 생체 전기로써, 뇌 표면에서 발생하는 전기 포텐셜 차이를 EEG 전극(Electrode)을 사용하여 측정한다. 뇌파는 델타(δ)파, 쎄타(Θ)파, 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(γ)파로 분류된다. 뇌파는 그 주파수와 진폭에 따라 분류되며, 사람의 뇌파는 0~50Hz

의 주파수가 발생되며, 약 20~200㎶의 EEG 신호의 진폭을 보인다.

[0007] 뇌파는 진동하는 주파수의 범위에 따라 델타-δ파(0.5 ~ 3.99 Hz), 쎄타-Θ파(4 ~ 7.99 Hz), 알파-α파(8 ~ 12.99 Hz), 베타-β파(13 ~ 29.99 Hz), 감마-ɣ파(30~50 Hz)로 분류된다.

[0008] 델타파는 2~4Hz의 주파수와 20~200 V의 진폭을 가지며, 잠을 잘 때 꿈속에서 정상인의 깊은 수면 상태나 신생아에서 주로 나타난다.

[0009] 쎄타파는 4~8Hz의 주파수와 20~100 V의 진폭을 가지며, 정서적으로 안정된 상태나 취침 전에 나타난다.

[0010] 알파파는 8~13Hz의 주파수와 20~60 V의 진폭을 가지며, 명상 같은 편안한 상태에서 나타나며 스트레스 해소 및 집중력 향상에 도움을 준다.

[0011] 베타파는 13~30Hz의 주파수와 2~20 V의 진폭을 가지며, 평상시 의식이 깨어 있을 때 생활시에 눈을 뜨고, 걷고, 말하고, 흥분하는 상태에서 주로 전두엽에서 많이 나타난다.

[0012] 감마파는 30~50Hz의 주파수와 2~20 V의 진폭을 가지며, 주로 흥분했을 때 나타난다.

*표 1*

[0013]

| 뇌파 신호의 분류 | 주파수 | 특 징 |
|---|---|---|
| 델타-δ파 | 0.5 ~ 3.99 Hz | 02~4Hz의 주파수와 20~200 V의 진폭을 가지며, 정상인의 깊은 수면상태나 신생아에서 주로 나타난다. 델타파 상태는 많은 양의 성장 호르몬이 생성됨 |
| 쎄타-Θ파 | 4 ~ 7.99 Hz | 4~8Hz의 주파수와 20~100 V의 진폭을 가지며, 정서적으로 안정된 상태나 취침 전(수면에 빠지기 전)에 나타난다. 세타파는 지각과 꿈의 경계 상태에서 발생 |
| 알파-α파 | 8 ~ 12.99 Hz | 8~13Hz의 주파수와 20~60 V의 진폭을 가지며, 명상 같은 편안한 상태에서 나타나며 스트레스 해소 및 집중력 향상에 도움이 됨 |
| 베타-β파 | 13 ~ 29.99 Hz | 13~30Hz의 주파수와 2~20 V의 진폭을 가지며, 생활시에 긴장, 흥분 상태 등 활동할 때에 나타난다. 운동력 향상에 도움을 주고, 의식이 깨어 있을 때의 뇌파 |
| 감마-ɣ파 | 30~50 Hz | 30~50Hz의 주파수와 2~20 V의 진폭을 가지며, 주로 흥분했을 때 나타남 |

[0014] 세브란스 소아신경과 의견에 따르면, 뇌전증(epilepsy, 간질)은 신경세포의 기능적, 구조적 이상에 의해 과도한 전기방출을 일으켜 반복적인 발작을 유발하는 뇌의 만성적 이상상태 라고 한다. 뇌전증의 원인은 유전, 분만시 뇌손상, 뇌 발달 이상, 선천성 기형, 뇌종양, 교통사고에 의한 뇌손상 시에 발생되며, 많은 뇌전증 환자들은 발작과 항경련제의 부작용으로 지능저하, 정신지체, 행동장애, 인지 장애 등을 겪고 있다. 발작(seizure)이 일어나는 뇌 병소의 위치 확인은 MRI, SPECT, PET 같은 구조적 또는 기능적 영상 검사가 도움을 주지만, 병소의 확진 및 절제 범위의 결정은 두개강 내 뇌파 검사로 이루어진다. 뇌전증 병소의 확진은 두개강 내 뇌파 기록을 분석하여, 발작을 일으키는 병적 대뇌 피질에서 생산하는 병적 뇌파와 정상 뇌조직에서 만들어지는 정상 뇌파를 구분하는 것이 중요하다. 그러나, 대뇌 피질은 전기적으로 서로 연결되어 있어 병적 뇌파와 정상 뇌파가 서로 주변으로 확산되는 경향을 가지고 있고, 병적 뇌파의 생산이 간헐적, 돌발적이라는 뇌전증의 특성 때문에 구분이 쉽지 않다.

[0015] Alzheimer형 치매 환자의 뇌파의 시공간적 패턴 분석 논문에 의하면, 알쯔하이머형 치매 환자의 병태생리적 위치가 주로 좌측 두정부와 측두엽 부위에 있음을 공지되어 있다.

[0016] ○ 뇌파검사

[0017] 뇌파 검사는 기본적인 뇌전증 진단 방법이다. 뇌전증의 특징 중 하나는 평소 뇌파가 정상과 같으나 뇌전증과 발작을 일으킬 수 있는 비정상 뇌파는 간헐적으로 발생된다. 필연적으로, 장시간 뇌파를 기록하고 분석이 필요하다. 특히, 뇌전증 수술을 위해 최소 일주일 동안 뇌파를 기록하여 발작 위치를 정확히 파악하는 것이 필요하다. 숙련된 임상의가 장기적인 뇌파 모니터링(최소 4시간~ 일주일 이상)을 통해 병원에서 뇌파를 기록하고, 긴 뇌파 기록을 시각적으로 보고 이상 여부를 판단해야 한다.

[0018] 뇌전증 수술 치료의 한계와 문제점이 존재하며, 뇌전증 수술은 뇌파 수집을 위해 32~128개의 EEG 전극(EEG electrode)을 사용하며, EEG 전극 간에 거리가 넓어 검측 정확도가 낮고, 연결선이 너무 넓어 뇌내 부종과 감염이 발생할 수 있고, 유선신호 전송모듈을 사용하기 때문에 환자들이 이동하는데 불편함이 있다. 이를 해결하기 위해 블루투스 무선신호 전송 모듈이 연구개발되었다.

[0019] ○ 뇌영상 검사

[0020] 뇌영상 검사는 뇌전증을 일으킬만한 뇌병변이 있는지를 확인하기 위해 MRI, SPECT, PET 등이 사용된다.

[0021] 이와 관련된 선행기술1에 따르면, 특허 등록번호 10-0450758에서는 "뇌파 측정 장치 및 방법"가 등록되어 있다.

[0022] 도 1은 종래의 뇌파 측정 장치의 블록도이다.

[0023] 뇌파 측정 장치는, 뇌파 데이터를 검출하기 위한 뇌파 검출부(10)와, 뇌파 검출부(10)로부터 측정된 뇌파 데이터를 증폭시키는 뇌파 증폭부(20), 증폭된 뇌파 데이터를 아날로그에서 디지털로 변환시키는 A/D 변환부(30), 디지털로 변환된 뇌파 데이터를 이용하여 피험자의 기저 상태를 고려한 일정 시간별, 주파수별 상대 출력값을 얻고 이로부터 잡파의 혼입 여부를 판단하여 잡파가 혼입되었을 때 뇌파 데이터의 출력을 중단하도록 하는 뇌파 처리부(40) 및 상기 뇌파 처리부(40)의 결과를 표시하는 디스플레이부(50)로 구성된다.

[0024] 뇌파 검출부(10)는 뇌파 데이터를 측정하는 EEG 전극으로서, 이 전극은 피험자의 두피에 부착되어 뇌파 데이터를 검출한다.

[0025] 뇌파 증폭부(20)는 뇌파 검출부(10)로부터 각 EEG 전극으로부터 측정된 뇌파 데이터를 일정치 만큼 증폭시킨다. 또한, 뇌파 증폭부(20)는 증폭된 뇌파 데이터를 예를 들어 60Hz 대역의 필터링을 한다.

[0026] 뇌파 처리부(40)는 뇌파 증폭부(20)로부터 증폭된 뇌파 데이타를 정현파로 분리하기 위한 퓨리에 변환부(Fourier transform: 410)와, 피험자의 기저 상태의 뇌파를 저장하고 있는 데이터 저장부(420), 퓨리에 변환부(410)에 의하여 변환된 뇌파 데이타들 및 피험자의 기저 상태의 뇌파 데이타를 사용하여, 피험자의 기저 상태가 고려된, 시간에 따른 주파수별 상대 출력값을 산출하는 제어부(430)를 포함한다.

[0027] 퓨리에 변환부(410)는 고속 퓨리에 변환을 사용한다.

[0028] 기저 상태의 뇌파를 저장하고 있는 데이타 저장부(420)는 예를 들면, 피험자가 폐안 안정시(eye-closed and relaxed state) 또는 자극제시전(interval before stimulus)에 측정된 뇌파 데이터를 저장하고 있다.

[0029] 또한, 상기 제어부(430)는 퓨리에 변환후 주파수별 출력값을 산출하는 제 1 연산부(432)와, 시간에 따라 제 1 연산부(432)를 반복 수행하여 시간별, 주파수별 출력값을 산출하는 제 2 연산부(434), 제 2 연산부(434)의 출력을 각 피험자의 기저 상태의 주파수별 출력으로 나누어 기저 상태를 고려한 시간별, 주파수별 상대 출력을 산출하는 제 3 연산부(436) 및 제 3 연산부(436)의 출력과 이미 정해진 일 정값을 비교하는 비교부(438)를 포함한다.

[0030] 제 1 연산부(432)는 퓨리에 변환부(410)로부터 실수부와 허수부 (a+bi)의 절대값의 크기(a 2 +b 2 ), 즉 출력값을 산출한다.

[0031] 제 2 연산부(434)는 시간에 따라 제 1 연산부(432)를 반복 수행하여 일정 시간별로 주파수별 출력값을 산출한다. 상기 시간 간격은 예를들면, 0375초 정도일 수 있으며, 상기 시간 간격에 의해 퓨리에 변환을 통한 주파수 간격이 정해진다.

[0032] 제 3 연산부(436)는 제 2 연산부(434)에서 구하여진 일정 시간별, 주파수별 출력값을, 각 피험자의 기저 상태의 뇌파 데이터에 대한 주파수별 출력값으로 나눈다. 이에 따라, 기저 상태를 고려한 일정 시간별, 주파수별 상대 출력값을 얻게 된다.

[0033] 비교부(438)는 각 피험자의 기저 상태를 고려한 일정 시간별, 주파수별 상대출력값(제 3 연산부의 출력)과 미리 정해진 일정값을 비교한다. 이때, 미리 정해진 일정값은 대략 3으로서, 그 이하이면 측정된 뇌파는 잡파가 혼입되지 않은 것으로 판단한다. 여기서, 미리 정해진 일정값은 제 3 연산부(436)의 출력값과 비교되는 대상으로, 결국 잡파가 혼입된 경우 출력값을 의미한다. 일반적으로 잡파 혼입되는 경우, 대체적으로 뇌파가 갑자기 2-3배로 커지기 때문에, 본 실시예에서는 예를 들어 미리 정해진 일정값을 약 3으로 정한 것이다. 이에따라, 제 3 연산부(436)의 출력이 3 이상 이면, 잡파가 혼입된 것으로 간주하고, 뇌파 데이터를 출력하지 않게끔 한다.

[0034] 디스플레이부(50)는 색상을 달리하여, 시간별, 주파수별 상대 출력값의 크기를 도식화한다.

[0035] 이와 관련된 선행기술2에 따르면, 특허 등록번호 10-1704704에서는 "내장형 EEG 전극용 무선 송신 모듈 및 이를 포함하는 EEG 검출 시스템"이 등록되어 있다.

[0036] 도 2는 종래의 내장형 ECoG 전극용 무선 송신 모듈 및 이를 포함하는 뇌파 검출 시스템의 구성도이다.

[0037] EEG 검출 시스템(10)은 뇌파 데이터 수집부(20) 및 무선 송신 모듈(30)을 포함한다. 뇌파 데이터 수집부(20)는 복수의 채널들을 포함하는 EEG 전극이다. 뇌파 데이터 수집부(20)는 32 채널, 64 채널 또는 128 채널, 192 채널의 EEG 전극일 수 있으나, EEG 전극의 채널 수는 이에 한정하지 않는다. 상기 EEG 전극의 각각의 채널은 각각 대뇌 피질의 표면 상에 부착되어, 대뇌 피질에서 유도되는 뇌전류를 수집할 수 있다.

[0038] 무선 송신 모듈(30)은 뇌파 데이터 수집부(20)로부터 수집된 뇌파 데이터를 전달받아 무선 송신 방식으로 송신할 수 있다. 무선 송신 모듈(30)은 뇌파 데이터 처리부(32) 및 뇌파 데이터 무선 송신부(34)를 포함한다.

[0039] 무선 송신 모듈(30)은 뇌전증 수술 치료를 위해 대뇌 피질 표면의 피검사 영역 상에 부착되는 복수의 EEG 전극부들을 포함하는 뇌파 데이터 수집부(20)에 연결되는 무선 송신 모듈로서, 상기 복수의 EEG 전극부들을 통해 측정되는 피검사 영역의 뇌파 데이터를 전달받아 무선 송신 가능한 샘플링 신호로 변환시키는 뇌파 데이터 처리부(32); 및 상기 뇌파 데이터 처리부에서 변환된 상기 샘플링 신호를 와이파이 방식 또는 블루투스 방식으로 무선 송신하는 뇌파 데이터 무선 송신부(34)를 포함한다.

[0040] EEG 검출 시스템(10A)은 뇌파 데이터 수집부(20A), 전송 라인(22) 및 무선 송신 모듈(30A)을 포함할 수 있다.

[0041] 뇌파 데이터 수집부(20A)는 복수의 EEG 전극부(21)를 포함할 수 있다 EEG 전극부(21)는 예를 들면 16 채널, 32 채널, 64 채널을 포함하는 EEG 전극일 수 있다 예를 들면, 뇌파 데이터 수집부(20A)는 64 채널을 포함하는 세 개의 EEG 전극부(21)로 구성되어 총 192 채널을 갖는 뇌파 데이터 수집부(20A)를 제공할 수 있다. 이와 달리, 뇌파 데이터 수집부(20A)는 32 채널을 포함하는 두 개의 EEG 전극부(21) 및 64 채널을 포함하는 두 개의 EEG 전극부(21)로 구성되어 총 192 채널을 갖는 뇌파 데이터 수집부(20A)를 제공할 수 있다.

[0042] 실시예들에서는, 복수의 EEG 전극부(21)는 서로 이격되도록 대뇌 피질의 표면 상에 직접 부착될 수 있고, 이에 따라 복수의 EEG 전극부(21)로부터 대뇌 피질 표면 상의 광범위한 면적으로부터 뇌파 신호가 검출될 수 있다. 복수의 EEG 전극부(21)는 대뇌 수술을 위한 두개골 절단부로부터 두개골 내부로 주입되어, 대뇌 피질 표면 상에 부착될 수 있다. 뇌내 내장형 EEG 전극이 제공될 수 있다.

[0043] 전송 라인(22)은 뇌파 데이터 수집부(20A)로부터 무선 송신 모듈(30A)까지 전기적으로 연결되며, 뇌파 데이터 수집부(20A)로부터 측정된 뇌파 데이터를 무선 송신 모듈(30A)에 전달된다. 전송 라인(22)은 복수의 EEG 전극부(21)로부터의 개별 전송 라인들의 집합체일 수 있다. 하나의 전송 라인(22) 또는 2개 이상의 전송 라인들(22)이 복수의 EEG 전극부(21)에 연결될 수 있다.

[0044] EEG 검출 시스템(10B)은 무선 송신 모듈(30A)에 부착된 고정부(40)를 더 포함할 수 있다. 예를 들면, 고정부(40)는 인체에 착탈 가능하도록 고정되는 다양한 형상으로 제작될 수 있다. 헤드 밴드 또는 헤어 밴드 형상의 고정부(40)가 무선 송신 모듈(30A)에 부착되어, 무선 송신 모듈(30A)이 피검사자의 이마 또는 측두부 상에 안정적으로 고정될 수 있다. 특히, 무선 송신 모듈(30A)이 대뇌 수술을 위한 두개골 절단부에 인접한 위치에서 안정적으로 고정될 수 있으므로, 피검사자의 의식적 또는 무의식적인 거동에 의하여 피검사 영역으로부터 EEG 전극부(21)가 분리되거나 이탈되는 것을 방지할 수 있다.

[0045] 뇌파 검사는 주로 EEG(Electroencephalograph, 뇌전도) 전극 또는 ECoG(Electrocorticography, 피질전도) 전극을 사용한 측정 방법을 사용한다.

[0046] 뇌파 검출 장치는 머리 밖은 EEG(뇌전도)를 측정하며, 머리 속은 ECoG(피질 전도)를 측정한다. EEG, ECoG는 뇌활동으로 뇌세포간의 신호를 주고받는 과정에서 전기적 신호가 발생된다. 이 전기적인 신호의 전류를 수신하여 분석하여 뇌 질환을 찾아내고, 검출된 뇌파를 사용하여 뇌질환 발생 위치를 확인한다.

[0047] 도 2는 종래의 무선 ECoG 검출 시스템의 블록도이다.

[0048] ECoG 검출 시스템(10)은 뇌파 신호를 검출하는 32~128 채널의 전극; 상기 32~128 채널의 전극으로부터 측정된 뇌파 신호를 증폭하는 뇌파 증폭부(Amplifier); 상기 증폭된 뇌파 신호를 A/D 변환하여 디지털 뇌파 데이터로 변환하는 A/D 변환기(ADC 보드); 선택적으로 구비되는 상기 디지털로 뇌파 데이터를 FFT 변환하여 주파수별 출력값을 제공하는 뇌파 신호처리부; 디지털로 뇌파 데이터를 FFT 변환한 주파수별 출력값을 블루투스 통신을 통해 송신하는 무선 송신부를 포함한다.

[0049] 기본적으로, 뇌파 신호처리부는 사용자 단말의 제어 부분에 구비한다.

[0050] 사용자 단말(200)은 블루투스 통신을 통해 디지털로 뇌파 데이터를 FFT 변환한 주파수별 출력값을 수신받는 무선 수신부; 상기 디지털로 뇌파 데이터를 FFT 변환하여 주파수별 출력값을 제공하는 뇌파 신호처리부를 구비하는 제어부; 저장부; 및 시간에 따른 주파수별 출력값을 갖는 뇌파 데이터를 출력하는 LCD 표시부를 포함한다.

[0051] EEG(electroencephalogram, 뇌전도)는 사람 또는 동물의 대뇌 피질에서 발생하는 뇌전류를 기록하는 뇌파의 전기 기록도이다. 두피 상에 32~128 채널의 EEG 전극들을 부착하고, 머리의 두피 상에서 유도되는 전류 파형을 분석할 때, 대뇌 활동 상태에 따라 특정한 파형을 갖는 뇌파가 검출된다. 특히, 뇌전증(epilepsy)은 대뇌 피질에서 발생되는 비정상적 전기적 신호에 의해 발작(seizure)이나 경련이 반복적으로 발생하는 질병이다. 뇌전증의 수술적 치료는, 뇌에 다수의 EEG 전극을 부착하고 EEG 주파수 스펙트럼을 기록하여 뇌전증 발작이 일어나는 대뇌 피질의 발작 시작 위치를 검출하고, 발작 시작 부위를 수술적으로 제거해야 한다.

[0052] 그러나, 기존의 EEG 뇌파 검출 장치는 치매와 뇌질환 환자의 뇌 신경 자극 치료를 제공하는 의료기기가 아직 없다.

[0053] 그러므로, 뇌과학 분야에서, ICT 기술과 브레인-컴퓨터 인터페이스(BCI: brain-computer interface)를 사용하여 Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈), 뇌질환에 의한 신체 불구(하반신 마비) 등의 뇌 질환(disorder)을 치료하기 위해 EEG 신호 검출과 신경 자극 치료기를 구비한 의료기기가 필요하다.

## *선행기술문헌*

### *특허문헌*

[0054] (특허문헌 0001) 특허 등록번호 10-0450758 (등록일자 2004년 09월 20일), "뇌파 측정 장치 및 방법", 한국전자통신연구원

(특허문헌 0002) 특허 등록번호 10-1704704 (등록일자 2017년 02월 02일), "내장형 EEG 전극용 무선 송신 모듈 및 이를 포함하는 EEG 검출 시스템", 광운대학교 산학협력단, 김남영

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0055] 상기한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 알쯔하이머형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌 질환(brain disorder)과 하반신 불구에 해당하는 뇌 부분을 치료하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이에서 3D VR 영상/영화를 보면서 웨어러블 EEG 헤드셋으로 자극 제어 신호를 전송하면, 3D 헤드업 디스플레이의 착용자가 착용한 웨어러블 EEG 헤드셋은 3D VR 영상/영화를 보면서 뇌질환의 위치와 부위 또는 마비된 신체의 해당 뇌이 위치와 부위(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)를 신경자극 치료를 하며, 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극을 통해 뇌신경 치료를 하는 EEG 검출과 브레인 자극치료 의료기기 인, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템을 제공한다.

[0056] 또한, 상기 시스템은 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 머리에 착용된 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 유무선 통신을 통해 사용자 단말(전용 PC, IoT 장치:EEG 측정 및 자극 제어 시스템)로 다채널의 EEG 신호들을 전송하며, 사용자 단말은 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스텍트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)을 통해 이상 뇌파가 검출된 특정 뇌전증 병소 위치와 부위의 3차원 좌표(x, y, z)를 3D 뇌지도 상에 표시하고 뇌심부 자극술에 따라 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극을 통해 해당 뇌전증 발작 위치와 부위를 자극하여 뇌신경 치료를 하기 위함이다.

### *과제의 해결 수단*

[0057] 본 발명의 목적을 달성하기 위해, 뇌 질환 치료를 위한 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템은 3D VR 영상/영화를 시청하는 3D 헤드업 디스플레이; 및 상기 3D 헤드업 디스플레이와 유무선 통신을 통해 연동되며, 머리 부분의 측정 지점에 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구

비하며, 다수의 EEG 신호를 검출하여 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하며, 상기 3D 헤드업 디스플레이 또는 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로부터 수신된 자극 제어 신호에 따라 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 자극하는 웨어러블 EEG 헤드셋을 포함한다.

[0058] 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템은, 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 active matrix 구조로 배치된 F-TFTA를 사용하며, 다채널의 EEG 신호들을 유무선 통신을 통해 전송하며, 뇌 질환 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대하여 자극 제어 신호를 수신하여 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극을 하는 웨어러블 EEG 헤드셋; 및 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 다채널의 EEG 신호들을 수신받고, 뇌파신호처리 후, 뇌 질환 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대한 상기 자극 제어 신호를 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전송하는 EEG 측정 및 자극 제어 시스템을 포함한다.

[0059] 본 발명의 또 다른 목적을 달성하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법은 (a) VR 영상 디스플레이 기기의 3D VR 영상/영화를 시청하는 3D 헤드업 디스플레이와 유무선 통신을 통해 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋에 머리의 측정 지점들에 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비되며, 다수의 EEG 신호를 검출하여 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하는 단계; 및 (b) 상기 3D 헤드업 디스플레이 또는 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로부터 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 수신된 자극 제어 신호에 따라 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 자극하는 단계를 포함한다.

## *발명의 효과*

[0060] 본 발명의 뇌 질환 치료를 위한 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템은 알쯔하이머형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌 질환(brain disorder)과 신체 마비 환자의 마비된 신체(하반신 불구)에 해당하는 뇌 부분을 치료하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이와 연동되는 머리에 착용하는 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하며, 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 디바이스)와 연동되어 뇌질환 위치와 부위에 신경 자극 치료를 제공하거나, 또는 웨어러블 EEG 헤드셋과 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화를 보면서 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전용 PC 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 자극 제어 신호를 전송하여 마비된 신체의 해당 뇌의 위치와 부위(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)를 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 신경자극 치료가 가능하게 되었다.

[0061] 웨어러블 EEG 헤드셋은 3D 헤드업 디스플레이와 연동되며 유무선 통신을 통해 전용 PC(EEG 측정 및 자극 제어 시스템)와 연결되며, 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI) 기술을 사용하여 알쯔하이머형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈), 뇌질환에 의한 하반신 마비 환자 등의 마비된 신체에 해당하는 뇌 부위(오른손-좌뇌, 왼손-우뇌)의 신경 치료를 위해 사용되며, 신경 자극치료기를 통해 뇌피질에 직접적으로 광신호 자극/전기 자극/RF 주파수 자극을 가해 신경질환의 진단과 치료가 가능한 뇌파 측정 및 치료 의료기기로 사용될 것이다.

## *도면의 간단한 설명*

[0062] 도 1은 종래의 EEG 뇌파 측정 장치의 블록도이다.

도 2는 기존 무선 ECoG 검출 시스템을 보인 그림이다.

도 3a 내지 3e는 뇌 손상에 의한 신체 장애 원인과, 뇌파 분석과 가상현실을 사용한 뇌질환 신체장애 치료 방법에 관한 연구 목표와 내용, 연구의 수행역량을 보인 그림이다.

도 4는 본 발명의 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋, EEG 측정 및 자극 시스템의 개념도이다.

도 5는 본 발명의 실시예1에 따른 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋과 EEG 측정 및 자극 시스템 구성도이다.

도 6은 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 사용하는 EEG 측정 및 자극 방법을 보인 순서도이다.

도 7a는 웨어러블 EEG 헤드셋의 머리의 EEG 측정 지점을 표시한 그림이다.

도 7b는 EEG 파형을 보인 그림이다.

도 8은 본 발명의 실시예2에 따른 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋에서 플렉시블 기판 상에 F-TFTA를 사용하여 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 EEG 전극과 자극부(신경자극기)를 구비하는 웨어러블 EEG 헤드셋과 EEG 측정 및 자극 시스템 구성도이다.

도 9는 i) Thin Film Transistor와 DDIC의 결합 구조(RFIC Center), ii) F-TFTA와 전기자극을 위한 전극 결합 구조(좌), F-TFTA와 전기자극을 위한 전극 결합 구조 단면도(우), iii) F-TFTA의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 구비되는 EEG 전극 및 신경자극기(Nerve Stimulator)의 개념도(광운대 RFIC Center)이다.

도 10은 F-TFTA와 OLED의 결합 구조(좌), F-TFTA와 OLED의 결합 구조 단면도(우)(RFIC Center)이다.

도 11은 EEG 전극 채널별 뇌파 데이터 출력 화면이다.

도 12는 대학 병원과 공동으로 정량적 뇌파 분석을 통한 뇌전증 수술 환자의 수술 영역 결정 분석법(Brain and development, 2016), 뇌파의 Connectivity Analysis를 통해 비정상 뇌파의 소스파악 (Clinical Neurophysiology, 2015)을 보인 3D 뇌지도를 보인 그림이다.

도 13은 3D 뇌지도와 국소 간질 분석 영상을 보인 사진이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0063] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 발명의 구성 및 동작을 상세하게 설명한다.

[0064] 도 3a 내지 3e는 뇌 손상에 의한 신체 장애 원인과, 뇌파 분석과 가상현실을 사용한 뇌질환 신체장애 치료 방법에 관한 연구 목표와 내용(3a, 3b), 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하여 뇌질환에 의해 마비된 신체의 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 신경자극 치료, 본 연구의 수행역량(3d)을 보인 그림이다.

[0065] 도 3c는 3D 헤드업 디스플레이와 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하며, 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고 3D VR 영상을 보면서 EEG 헤드셋에서 수신 신호를 전용 PC로 전송하며, 3D 헤드업 디스플레이로부터 웨어러블 EEG 헤드셋으로 자극제어 신호를 전송하며, 뇌질환에 의해 마비된 신체의 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 신경자극 치료를 보인 그림이다.

[0066] 본 발명의 뇌 질환 치료를 위한 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템은 알쯔하이머형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌 질환(brain disorder)과 신체 마비 환자의 마비된 신체(하반신 불구)에 해당하는 뇌 부분을 치료하기 위해, 3D 헤드업 디스플레이와 연동되는 머리에 착용하는 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하며, 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 디바이스)와 연동되어 뇌파 분석을 통해 뇌질환 위치와 부위에 신경 자극 치료를 제공하거나, 또는

[0067] VR Pharmacy 기법을 사용하여, 착용자가 웨어러블 EEG 헤드셋과 3D 헤드업 디스플레이를 착용하고, VR 영상 디스플레이 기기에서 재생되는 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화를 보면서 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전용 PC 또는 3D 헤드업 디스플레이로부터 자극 제어 신호를 전송하여 마비된 신체의 해당 뇌의 위치와 부위(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)를 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 신경자극 치료 방법을 제공한다.

[0068] 도 4는 본 발명의 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋, EEG 측정 및 자극 시스템의 개념도이다.

[0069] 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 뇌파 측정 및 자극 시스템을 제공한다.

[0070] Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(epilepsy, 간질), 뇌졸중(Stroke: 뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌 질환(brain disorder)과 신체 마비 환자를 치료하기 위해,

[0071] 3D 헤드업 디스플레이(300)와 연동된 머리에 착용된 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로부터 유무선 통신(케이블,

Bluetooth, Wi-Fi)을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(전용 PC, IoT 장치)(200)로 다채널의 EEG 신호들을 전송하며, 전용 PC(200)는 뇌파 분석에 의해 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스텍트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)을 통해 이상 뇌파가 검출된 뇌전증 병소 위치와 부위의 3차원 좌표(x, y, z)를 3D 뇌지도 상에 표시하고 뇌심부 자극술에 따라 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 해당하는 뇌의 위치와 부위에 자극 제어 신호를 전송하여 해당 뇌 부분을 자극하거나, 또는

[0072] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 착용자가 3D 헤드업 디스플레이(300)을 착용하고 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화를 보면서 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 자극 제어 신호를 전송하면, 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 뇌질환 환자 또는 신체마비 환자의 마비된 신체의 해당 뇌의 위치와 부위(예, 오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)를 신경자극 치료를 하며, 1) 광신호 자극(400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호 자극), 2) 전기 자극(0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극), 또는 3) RF 주파수 자극(1~200 Hz RF 주파수 자극)을 하는, EEG 검출과 브레인 자극치료 의료기기를 제공한다.

[0073] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 전용 PC(200)와 유무선 통신(케이블, Bluetooth/Wi-Fi)을 통해 연결되는 유선 EEG 헤드셋 또는 무선 EEG 헤드셋(Wireless EEG headset)으로 제작된다.

[0074] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 3D 헤드업 디스플레이(300)와 연동되며 유무선 통신을 통해 전용 PC(EEG 측정 및 자극 제어 시스템)(200)와 연결되며, 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI) 기술을 사용하여 Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈), 뇌질환에 의한 신체 마비 환자(하반신 마비) 등의 마비된 신체에 해당하는 뇌 부위(오른손-좌뇌, 왼손-우뇌)의 신경 치료를 위해 사용되며, 신경 자극치료기를 통해 뇌 피질에 직접적으로 광신호 자극/전기 자극/RF 주파수 자극을 가해 신경질환의 진단과 치료가 가능하다.

[0075] 본 발명의 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋과 EEG 측정 및 자극 시스템은

[0076] 무선 송수신부와 케이블 연결부와 제어부와 표시부를 구비하며, 3D VR 영상/영화를 시청하는 3D 헤드업 디스플레이(300);

[0077] 3D 헤드업 디스플레이(300)와 유무선 통신을 통해 연동되며, 머리 부분의 측정 지점에 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기, nerve stimulator)를 구비하며, 다수의 EEG 신호를 검출하여 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하며, 3D 헤드업 디스플레이 또는 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(사용자 단말)(200)으로부터 수신된 해당 뇌 부분의 자극 제어 신호에 따라 상기 자극부의 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)에 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위에 신경 자극하는 웨어러블 EEG 헤드셋(100); 및

[0078] 사용자 단말로써 전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되며, 뇌파 분석 프로그램과 3D 뇌지도를 구비하며, 상기 웨어러블 EEG 헤드셋(100)과 유무선 통신(케이블, Bluetooth, Wi-Fi)을 통해 다수의 EEG 신호를 수신받아 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스텍트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)을 통해 이상 뇌파가 검출된 뇌전증 병소 위치와 부위의 3차원 좌표(z, y, z)를 3D 뇌지도 상에 표시하고 뇌심부 자극술에 따라 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 해당 뇌 부분의 자극 제어 신호를 전송하는 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(200)을 포함한다.

[0079] 본 발명의 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 방법은 (a) VR 영상 디스플레이 기기의 3D VR 영상/영화를 시청하는 3D 헤드업 디스플레이와 유무선 통신을 통해 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋에 머리의 측정 지점들에 각각 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비되며, 다수의 EEG 신호를 검출하여 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로 전송하는 단계; 및 (b) 상기 3D 헤드업 디스플레이 또는 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템으로부터 상기 웨어러블 EEG 헤드셋으로 수신된 자극 제어 신호에 따라 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 자극하는 단계를 포함한다.

[0080] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 머리의 다수의 측정 지점에 각각 EEG 전극과 자극부(신경자극기, nerve stimulator)를 구비한다. 자극부는 1) 광신호 자극부(400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호 자극), 2) 미세 전류 전기 자극부(0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극), 또는 3) RF 주파수 자극부(1~200 Hz RF 주파수 자극) 중 어느 하나를 사용한다.

[0081] 머리에 착용하는 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 3D 헤드업 디스플레이(300)와 유무선 통신을 통해 연동되며, 머리의 다 지점의 EEG 신호를 검출하여 전용 PC로 전송하며, 해당 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 뇌질환에 의해 마

비된 신체에 해당하는 뇌 부분의 위치와 부위에 1) 광신호 자극(400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호 자극), 2) 전기 자극(0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극), 또는 3) RF 주파수 자극(1~200 Hz RF 주파수 자극)에 의해 신경 자극 치료를 한다.

[0082] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 머리의 다수의 측정 지점에 EEG 전극과 자극부(신경자극기, nerve stimulator)를 구비하며, 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 착용자는 3D 헤드업 디스플레이의 3D VR 영상을 보면서 오른손/오른발, 왼손/왼발의 3D VR 영상의 움직임에 따라 해당 뇌 부분의 자극 제어 신호에 따라 마비된 신체(오른손-좌뇌 또는 왼손-우뇌)에 대응하는 해당 뇌질환 위치와 부위에 자극부(신경자극기)에 의해 자극하여 뇌신경 치료를 한다.

[0083] 1) 광신호 자극 - 400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호 자극

[0084] 2) 전기 자극 - 0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극

[0085] 3) RF 주파수 자극 - 뇌의 해당 부분에 1~200Hz 범위의 RF 주파수 자극

[0086] Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질) 또는 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 또는 신체 마비(하반신 마비) 환자가 웨어러블 EEG 헤드셋을 착용하고, 웨어러블 EEG 헤드셋으로부터 전용 PC로 EEG 채널별 뇌파를 수집 분석하고,

[0087] 전용 PC(200)는 3D 뇌지도가 표시되는 뇌파 기록 프로그램에 의해 EEG 채널별 뇌파 신호를 기록 저장하며 3D 뇌지도에 이상 뇌파가 검출된 뇌병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대하여 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 자극 제어 신호를 전송하면,

[0088] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 착용자가 3D 헤드업 디스플레이(300)를 착용하여 VR 영상 디스플레이 기기(310)의 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화를 보면서 뇌심부 자극술에 따라 EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 장치)(200)로부터 자극 제어 신호에 따라 뇌의 위치와 부위를 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 자극부(신경 자극기)에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극으로 뇌신경 치료한다.

[0089] 예를들면, 뇌 질환에 의한 하반신 마비 환자(오른손/오른 발 마비)의 대응하는 뇌 부분을 자극하여 신경치료를 하는 경우, 오른손 또는 오른발이 움직이는 3D 영상을 보는 경우, EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 장치)(200)으로부터 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대한 자극 제어 신호를 전송하여 EEG 헤드셋이 오른손/오른발에 해당하는 마비된 뇌의 위치와 부위에 자극을 가하여 뇌신경 치료를 한다.

[0090] 참고로, 뇌졸중은 뇌혈관이 막히는 뇌경색과, 뇌혈관이 터지는 뇌출혈로 분류된다. 뇌졸중이 의심되는 증상은 한쪽 팔다리가 마비된 편마비, 발음이 이상해지는 구음 장애, 언어 장애, 안면과 비등이 있으며, 한쪽 눈이 갑자기 안보이거나 몸의 균형이 잡히지 않는 증상이 존재한다.

[0091] 예를들면, Alzheimer형 치매 환자의 뇌파의 시공간적 패턴 분석 연구논문에 따르면, Alzheimer형 치매 환자의 병태생리적 위치가 주로 좌측 두정부와 측두엽 부위에 있음을 암시하고 있다. Alzheimer병은 병리해부학적으로 전두엽, 두정엽, 측두엽의 피라미드 세포(pyramidal cell)의 감소와 이 부위를 기능적으로 연결하는 들신경 섬유(afferent fiber)와 날신경 섬유(efferent fiber)의 감소가 관찰되는 것으로 보인다.

[0092] 3D 헤드업 디스플레이(300)과 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈), 뇌질환에 의한 신체 마비(하반신 마비) 환자의 뇌 신경 치료에 사용된다.

[0093] 뇌질환에 의한 신체 마비 환자의 뇌 신경 치료를 위해 별도로 증강 현실/가상현실(AR/VR) 기술을 사용하여 오른손/오른발과 왼손/왼발 움직임을 제공하는 3D VR 영상/영화 콘텐츠가 제작된다.

[0094] 3D 헤드업 디스플레이(300)는 뇌질환 환자의 치료를 위해 증강 현실/가상현실(AR/VR) 기술로 제작된 3D VR 영상/영화를 출력하는 VR 영상 디스플레이 기기(310)와 같이 동작된다.

[0095] 예를들면, 신체 마비 환자(하반신 마비:오른손/오른발 마비)의 대응하는 뇌 부분을 자극하여 뇌 신경치료를 위해, 오른손/오른발 움직임이 포함된 AR/VR로 제작된 3D VR 영상이 제작된다.

[0096] VR 영상 디스플레이 기기(310)는 TV, 또는 IPTV 단말기가 사용되며, 3D 헤드업 디스플레이(300)를 착용하여 볼 수 있다.

[0097] VR Pharmacy 개념으로, 웨어러블 EEG 헤드셋을 착용한 착용자가 3D 헤드업 디스플레이를 보면서 VR 영상 디스플레이 기기에서 실시간으로 재생되는 3D VR 영상/영화 데이터에서 오른손/오른발이 움직이면, 3D 헤드업 디스플레이(300)로부터 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 마비된 신체(오른손/오른발 마비)에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 자극 제어 신호를 전송하며, 웨어러블 EEG 헤드셋(100)이 해당 위치의 자극부(신경 자극기)에 의해 오른손/오른발에 해당하는 마비된 뇌의 위치와 부위에 자극을 가하여 뇌신경 치료를 한다.

[0098] 또한, 뇌질환 또는 신체 마비 환자의 뇌의 위치와 부위에, EEG 측정 및 자극 시스템(전용 PC, IoT 장치)(200)으로부터 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로 뇌질환 또는 신체 마비 환자의 뇌의 위치와 부위에 해당하는 자극 제어 신호를 전송하면, 웨어러블 EEG 헤드셋(100)이 해당 뇌의 위치의 자극부(신경자극기)를 통해 뇌질환 또는 신체 마비 환자의 뇌의 위치와 부위에 웨어러블 EEG 헤드셋(100)이 해당 위치의 자극부(신경 자극기)에 의해 자극을 가하여 뇌신경 치료를 한다.

[0099] (실시예1)

[0100] 도 5는 본 발명의 실시예1에 따른 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템 구성도이다.

[0101] 도 6은 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 사용하는 EEG 측정 및 자극 방법을 보인 순서도이다.

[0102] 실시예1에서는, 뇌파 측정을 위해, 예를들면 32~128 EEG 전극과 신경 자극기(자극부)를 사용한다.

[0103] 각각의 EEG 채널의 뇌파 검출은 각각의 EEG 전극의 뇌파-> 증폭(amplifier)-> ADC (24 bit sampling) -> 전용 PC의 뇌파 분석 프로그램에 의해 FFT 변환 또는 Wavelet 변환, BPF 필터(Band Pass Filter)-> EEG 채널별 측정된 시간 영역(time domain)의 뇌파 기록 및 주파수 영역(frequency domain)의 주파수 스펙트럼 분석, 3D 뇌지도에 이상 뇌파가 검출된 뇌의 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 3차원 좌표(x,y,z)를 표시한다.

[0104] ADC(analog to digital convertor) 보드는 표본화(sampling), 양자화(Quantizing), 부호화(PCM coding)가 실행된다. 표본화(sampling)는 EEG 전극으로부터 검출된 EEG 신호를 증폭기(Amplifier)에 의해 증폭된 뇌파 신호를 24 bit sampling하였다.

[0105] 본 발명의 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋을 구비하는 EEG 측정 및 자극 시스템은 3D 헤드업 디스플레이(300)와 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋(100), 및 EEG 측정 및 자극제어 시스템(전용 PC, IoT 장치)(200)을 포함한다.

[0106] 3D 헤드업 디스플레이(300)는 기본적으로 기어VR 장치의 구성요소와 표시부와 제어부, 무선 송수신부(bluetooth, Wi-Fi 통신부) 및 케이블 연결부를 구비한다.

[0107] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 전용 PC(200)와 유무선 통신(케이블, Bluetooth/Wi-Fi)을 통해 연결되는 유선 EEG 헤드셋 또는 무선 EEG 헤드셋으로 제작될 수 있다.

[0108] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 머리의 다수의 측정 지점마다 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비되며, EEG 전극 채널별 각각의 측정 위치 마다 EEG 신호를 검출하고, 그리고 자극 제어 신호에 따라 1) 광신호 자극, 2) 미세 전류 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 해당하는 뇌의 위치와 부위를 자극하는 복수의 EEG 전극 및 자극부(101);

[0109] EEG 전극 채널의 머리의 각 측정 지점 마다 구비되며, 각각의 EEG 전극으로부터 검출된 EEG 신호(뇌전도)를 증폭하는 증폭부(102); 상기 증폭부(102)로부터 증폭된 EEG 신호를 샘플링 주파수에 따라 A/D 변환하는 ADC(103);

[0110] 다수의 EEG 채널의 ADC들(103)로부터 수신된 디지털 EEG 신호를 일정 시간 동안 임시적으로 메모리(109)로 저장하고 이를 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(200)으로 전송하며, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대한 자극 제어 신호에 따라 1)광신호 자극, 2)미세 전류 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 의해 해당하는 뇌의 위치와 부위를 자극하도록 제어하는 제어부(107);

[0111] 상기 제어부(107)에 연결되고, 다수의 EEG 채널의 ADC들(103)로부터 수신된 디지털 EEG 신호를 일정 시간 동안 임시적으로 저장하는 메모리(109); 및

[0112] 상기 제어부(107)에 연결되고, 각각의 EEG 채널별 검출된 EEG 신호를 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(200)으로

전송하며, EEG 측정 및 자극 제어 시스템(200) 또는 3D 헤드업 디스플레이(300)로부터 수신된 상기 자극 제어 신호를 수신하는 무선 송수신부(110) 또는 적어도 하나 이상의 케이블 연결부(117)를 포함하며,

[0113] 얼굴 전면 이외에 머리에 착용하는 다양한 형상의 하우징 케이스(사이클의 헤드셋 형태, 또는 머리 상부를 wearing하는 플렉시블 보자기 형태 등)와 얼굴을 감싸는 체결 수단을 구비한다.

[0114] 상기 자극부는 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기(nerve stimulator)로써, 제어부와 연결되는 LED 구동회로와 LED를 포함하며, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 자극 제어 신호에 따라 400 ~ 700 nm 파장의 Blue LED의 광신호를 자극하는 광신호 자극부를 사용한다.

[0115] 상기 자극부는 각 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기(nerve stimulator)로써, 제어부에 연결되는 미세 전류 발생 회로를 포함하며, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 자극 제어 신호에 따라 0.01 ~ 0.001 mA 미세 전류 자극을 하는 전기 자극부를 사용한다.

[0116] 상기 자극부는 EEG 전극마다 구비되는 신경 자극기(nerve stimulator)로써, 제어부와 연결되는 RF 주파수 발생부를 포함하며, 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 자극 제어 신호에 따라 1~200 Hz RF 주파수를 발생하는 RF 주파수 자극부를 사용한다.

[0117] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)을 머리에 착용한 착용자는 3D 헤드업 디스플레이(300)를 착용하고 VR 영상 디스플레이 기기(310)의 3D VR 영상/영화를 보면서, 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 EEG 전극 채널별로 EEG 신호가 검출되며 전용 PC(200) 또는 3D 헤드업 디스플레이(300)로부터 수신된 자극 제어 신호에 따라 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 적어도 하나 이상의 자극부(신경 자극기)들에 의해 1)광신호 자극, 2)미세 전류 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극에 따라 신경자극 치료를 한다.

[0118] EEG 측정 및 자극제어 시스템(200)은 전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되며,

[0119] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로부터 각 EEG 채널의 EEG 신호를 수신받고 자극 제어 신호를 전송하는 무선 송수신부(210) 또는 케이블 연결부(220);

[0120] 3D 뇌지도 표시 기능을 제공하는 뇌파 분석 프로그램에 의해 각각의 EEG 채널별 뇌파 신호를 FFT 변환(또는 Wavelet 변환)하여 뇌파신호처리 후 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 출력되도록 제어하며 뇌파 분석과 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)에 의해 뇌전증을 일으키는 비정상 뇌파를 검출하여 뇌전증 발작 위치와 부위를 찾아내 3D 뇌지도에 그 3차원 좌표(x,y,z)를 표시하며, "뇌심부자극술"에 의해 뇌전증 발작 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대하여 자극 제어 신호를 전송하도록 원격 제어하는 제어부(230);

[0121] 상기 제어부(230)에 연결되며, 뇌파 분석 프로그램과 3D 뇌지도와 환자별 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 저장하는 저장부(240); 및

[0122] 상기 제어부(230)에 연결되며, 각각의 EEG 채널별로 뇌파의 주파수 스텍트럼을 출력하며 뇌파의 시공간적 패턴 분석(spatio-temporal pattern analysis)을 통해 이상 뇌파가 검출된 뇌전증 병소 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 3차원 좌표(x, y, z)를 3D 뇌지도에 표시하는, 뇌파 신호처리 및 분석 표시부(270)를 포함한다.

[0123] 전용 PC(200)는 뇌파 분석 프로그램(cilent)에 의해 뇌질환 분석 서버(server)와 데이터베이스를 연결되고, client/server 데이터베이스를 포함하는 뇌질환 컴퓨터 분석 시스템을 구축하며, 상기 데이터베이스에 환자별 측정 시간대와 EEG 뇌파 기록 데이터, 자극 치료 증상 정보를 저장하고, 환자별 질환에 따라 분류하여 EEG 뇌파 기록 데이터를 분류 및 피처 분석, 환자별 뇌파 기록시간별 델타(δ)파, 쎄타(Θ)파, 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(ɣ)파로 분류된 뇌파를 3D 뇌지도에 표시하며, CT 이미지와 의료 영상 저장 및 출력, 뇌전증 수술 부위 정량적 분석, 뇌병소 위치 및 부위 확인 분석, 환자별 뇌전증 수술과 증상 분석, 임상 실험 결과 및 증상 분석, 자극 치료와 평가 결과를 데이터베이스에 저장하여 관리한다.

[0124] 도 7a는 웨어러블 EEG 헤드셋의 머리의 EEG 측정 지점을 표시한 그림이며, 도 7b는 EEG 파형을 보인 그림이다.

[0125] ○ EEG 전극별 뇌파 기록과 스펙트럼 분석

[0126] - EEG 데이터 검출/분석, 원하는 시간 동안의 타이머 조절

[0127] - (웨어러블 EEG 헤드셋에서) EEG 신호→(BPF 필터링) 및 증폭->ADC, (PC에서) FFT변환 또는 Wavelet 변환, 시

간 영역 신호와 주파수 대역별로 분류(알파파, 베타파, 세타파, 델타파, 감마파) 영역 분석

[0128] - 뇌파 측정 범위: EEG 전극별로 델타-δ파(0.5 ~ 3.99 Hz), 쎄타-Θ파(4 ~ 7.99 Hz), 알파-α파(8 ~ 12.99 Hz), 베타-β파(13 ~ 29.99 Hz), 감마-γ파(30~50 Hz)로 분류

[0129] - EEG 기반 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)의 뇌파 특징 추출 알고리즘 사용

[0130] - 시간 영역의 EEG 신호와 주파수 영역의 주파수 스펙트럼 분석,

[0131] - 뇌 병소 위치와 부위에 신경자극기(자극부)의 자극 치료에 의해 임상 치료 후 증상과 상태 정보 기록, 치료 결과와 증상 기록

[0132] 뇌파 신호는 통상 125~1000Hz로 sampling하며 최대 측정 주파수가 높을수록 분해능이 향상된다.

[0133] 예를들면, 얼굴 두 눈의 상측의 전면의 2 EEG 전극을 양안의 외측안각(outer canthus)의 1 cm 바깥 쪽 위 아래로 설치하여 안전도(electrooculogram, EOG, 안구운동을 전기적으로 기록하는 검사)를 동시에 관찰하며 BPF(Band Pass Filter)는 1-64 Hz이고 60 Hz의 notch filter를 사용하였다. EEG 뇌파 신호는 Nyquist Theorem에 따라 128 sample/sec 간격으로 검출하였으며, 이를 12-bit 또는 24 bit analog-to-digital conversion 하였다.

[0134] 뇌파 신호의 전처리 과정은 1~50uV 수준의 미약한 뇌파 신호에 혼합된 전원 잡음, 눈동자의 움직임에 따른 안전도 신호(EOG: ElectroOculoGraphy), 근육의 수축과 이완에 의한 근전도(EMG: Electrooculogram) 신호, 심장 박동에 의한 심전도(ECG: ElectroCardioGram) 신호 등 뇌파 신호처리에 부합하지 않는 신호를 제거 또는 처리할 수 있다.

[0135] ○ 발작이 시작되는 지점(ictal onset zone), epileptiform discharge가 관찰되는 부분(irritative zone), 실제 제거했을 경우 발작을 억제할 수 있는 부분 (epileptogenic zone)은 그 겹치는 위치와 부위가 있지만, 그 정확한 범위는 일반적으로 다르다. 이를 기존 뇌파 데이터를 데이터베이스에 저장하며, 뇌전증 병소 위치와 부위에 신경 자극 치료의 임상 실험과 증상 분석 및 통계 정보를 데이터베이스에 저장하며, client/server 시스템을 구축하여 이에 기초하여 인공 지능(AI, Artificial Intelligence)의 머신 러닝(machine learning) 기법을 사용하여 EEG 전극별 뇌파의 패턴 분석과 증상 정보와 빅 데이터 분석 후, 뇌신경 자극 치료와 증상의 정량분석 및 정성분석하여 자극 치료와 수술 효과를 극대화

[0136] ○ 신개념 뇌전증 뇌파분석법

[0137] - 딥러닝 등의 기계학습(machine learning) 분석 도입

[0138] - 머신 러닝의 베이시안 확률(Bayesian Proability) 등의 정상/비정상 뇌파 구분 통계 분석법 도입

[0139] ○ 뇌 질환 또는 신체 마비 환자의 뇌 치료용 뇌의 자극 치료와 3D 뇌지도

[0140] EEG 측정, MRI, fMRI, PET, SPECT 등의 데이터 분석 정리 DB화

[0141] - 뇌의 구조적, 기능적 연결 관계와 발작 위치 관련성 파악

[0142] - 뇌전증 관련 임상 자료에 기초하여 뇌전증 병소 위치와 부위의 3차원 좌표를 표시하는 3D 뇌지도 정보 구축, 3D 뇌지도의 3D 렌더링 및 View Point에 따라 3D 뇌지도의 보는 각도를 달리하여 시공간적으로 회전하며 입체적으로 View

[0143] ○ EEG 전극별 뇌파 분석과 증상에 대한 정성적/정량적 분석 및 영상 분석

[0144] ○ Lennox-Gastaut 증후군 환자에서 주파수 영역 분석 알고리즘을 사용하여 뇌의 발작의 시작점을 찾아냄

[0145] - 뇌파신호는 통상 10~1000Hz로 샘플링하며 최대 측정 주파수가 높을수록 분해능이 향상

[0146] - 두개강내 뇌파 분석에 사용된 8명의 환자의 뇌파 전극 위치와 각각의 위치에서 기록된 뇌파의 베타와 감마 밴드 파워의 정도를 색깔로 표시한 그림- 분석할 뇌파의 부분은 랜덤하게 선택하여 임상의의 시각적 분석

[0147] - 뇌파를 델타, 세타, 알파, 베타, 감마파 대역으로 나누어 각 수술 부위의 주파수 영역 절대/상대 파워(power)와 그 비율계산

[0148] - 절대적 파워의 경우 절제부위는 델파 파워가 높고 남아있는 부위는 감마 파워가 높은 것을 확인

[0149] - 상대적 파워의 경우 절제부위의 베타와 감마 파워가 낮게 나옴

[0150] - 낮은 베타, 감마 파워는 그 영역의 뇌의 활동이 병적으로 낮아짐이 나타남

[0151] - Lennox-Gastaut 증후군 환자에서 주파수 영역 분석 알고리즘을 통해 발작의 시작점을 찾아내기 위한 연구로 뇌의 병소와 건강한 조직을 구분하는 뇌파 파형의 특징 추출과 분석

[0152] ○ Lennox-Gastaut 증후군 환자에서 두개강내 뇌파중 generalized sharp wave discharge (GSW)를 사용하여 여러 가지 신호분산 분석기법을 적용, 이상 간질파의 근원이 어디인지를 보고(Kim J, et al Brain & development, 2014 pp: 1-8)

[0153] ○ Lennox-Gastaut 증후군 환자에서 주파수영역 분석 알고리즘을 통해 발작의 시작점을 찾아내기 위한 연구로 병소와 건강한 조직을 구분하는 뇌파 파형의 특징을 보고

[0154] - 무선 EEG 신호를 뇌파 신호처리를 하여 뇌전증 발작 부위를 찾아내는 알고리즘 개발

[0155] - 두 개강내 뇌파 기록을 위한 각 전극의 위치와 발작을 일으킬 가능성이 있는 GSW 하나를 찾아낸 예. 이후 다양한 분석법을 통해 그 근원이 어디인지를 예측

[0156] ○ 뇌파를 이용한 발작 병소의 바이오마커를 확립

[0157] - 환자 개인별 뇌전증 뇌파의 특징 추출 및 분석,

[0158] - 여러 종류의 뇌전증과 증상 정도, 개인의 차이를 극복한 뉴로마커

[0159] - 뇌파를 이용한 발작 병소의 바이오마커를 확립하여 병소 절제 범위 결정

[0160] ○ Lennox-Gastaut 증후군 환자의 간질 부위 국소화를 위한 connectivity 분석방법의 적용

[0161] - Hur Y, Kim H Seizure, 2015, 33: 1-7

[0162] - 국소 간질 분석에서 사용되던 dDTF 방법을 전신 뇌전증인 Lennox-Gastaut 증후군 환자에게 적용

[0163] - Generalized sharp and wave discharge (GSW)를 Independent Component analysis와 source dipole fitting, Connectivity analysis (eg Granger Causality)를 적용 분석하여 병소 진단 결과 보고

[0164] 본 연구는 웨어러블 EEG 헤드셋의 EEG 전극과 신경자극기 또는 F-TFTA의 EEG 전극과 신경자극기를 통해 각 EEG 채널별 EEG 데이터를 수집하며, 신경 자극기(자극부)를 통해 뇌질환에 의한 장애를 치료하거나 측정 대상의 인지능력을 향상시키는 데에 도움을 준다. 신경 자극기의 활용 중에 대표적인 방법은 Deep Brain Stimulation(DBS)으로 뇌심부 자극술을 뜻한다. 현재 뇌심부 자극술은 뇌조율기라 불리는 의료장치를 뇌 안에 이식 하는 외과적 치료법인데, ECoG 전극을 뇌에 집어 넣어 뇌의 신호를 측정하는 역할을 하는 동시에 전기적 자극을 보낼 수 있다. 만성 통증, 파킨슨병, 진전, 근긴장이상증 등의 효과적인 치료를 위해 특정 뇌 부위에 뇌심부 자극술을 할 수 있다. 뇌심부 자극술의 원리나 기전은 명백하게 알려진 바가 없지만 미국 FDA에 승인을 받았으며, 뇌의 활동에 직접적으로 자극을 주어 조절할 수 있는 방법이 사용되며, 그 효과는 가역적이다. 이를 통해 뇌의 신경 자극을 통해 뇌 질환을 증상 완화 및 치료가 가능하며, 이 의료기기는 뇌전증의 증상 완화와 치료에 목적을 두고 있다

[0165] 세브란스 병원은 현재 60% 정도의 국내 뇌전증과 신경관련 환자를 치료하고 있으며, EEG 검출 및 신경 자극기 시장은 Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 헤리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 치료 등 의료기기를 연구개발되면 뇌질환 치료 의료기기로 사용될 수 있다.

[0166] * 신경 자극기(Nerve Stimulator)

[0167] 신경 자극기는 뇌질환 부위에 전기적 자극(LED 광 조사, 미세 전류 전기 신호 자극, RF 주파수 자극)을 보낸다. 만성 통증, 파킨슨병, 진전, 근긴장이상증 등의 효과적인 치료를 위해 뇌의 특정 부위에 뇌 심부 자극술을 사용하여 자극할 수 있다. 뇌심부 자극술은 미국 FDA에 승인을 받았으며, 아직 그 원리는 밝혀지지 않았으며, 뇌의 신경 자극을 통해 뇌 질환의 증상 완화 및 치료가 가능하다.

[0168] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 머리의 각 측정 지점의 EEG 전극과 전극부(신경 자극기)를 구비하고, 이러한 뇌신경 자극 치료기를 사용하여 뇌전증의 증상 완화와 치료하기 위해 사용된다.

[0169] 뇌파검사에 사용되는 EEG 전극의 수는 32~128개 EEG 전극을 사용하고 있으며, 그로 인해 모든 뇌 영역에 대한

정보를 수집할 수 없고, 일부 EEG 전극만을 측정하더라도 EEG 전극의 크기에 따라 EEG 측정 전극의 수와 뇌의 공간 분해능과 영역이 세분화 되지 않을 수 있다. 뇌파 검사시에 EEG 전극의 수와 뇌의 공간 분해능을 문제를 해결하고 향상시키기 위해, 뇌파 측정의 EEG 측정 전극의 높은 분해능을 제공하는 실시예2의 웨어러블 EEG 헤드셋의 뇌파수집 센서는 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각각의 TFT 마다 1000~100만개 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비될 수 있는 F-TFTA를 사용한다.

[0170] (실시예2)

[0171] 도 8은 본 발명의 실시예2에 따른 3D 헤드업 디스플레이와 연동된 웨어러블 EEG 헤드셋에서 플렉시블 기판 상에 F-TFTA를 사용하여 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경자극기)를 구비하는 웨어러블 EEG 헤드셋과 EEG 측정 및 자극 시스템 구성도이다.

[0172] 웨어러블 EEG 헤드셋의 매트릭스 구조의 플렉시블 기판 상에 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)는 반도체 공정을 사용하여 유연한 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이를 구현한 F-TFTA(Flexible-Thin Film Transistor Array)를 제작될 수 있다.

[0173] 또한, 유연한 플렉스블 기판(유연 기판) 상에 구비된 F-TFTA를 통해 머리의 각 측정 지점의 EEG 전극들로부터 뇌파 데이터들을 수집하며, F-TFTA의 매트릭스 구조의 각 측정 지점 마다 각각 EEG 전극 옆에 신경 자극기(자극부)를 구비하며, F-TFTA를 사용한 웨어러블 EEG 헤드셋은 비정상 뇌파로 분류된 뇌의 위치와 부위 또는 뇌질환에 의한 신체 마비에 대응하는 뇌의 위치와 부위를 자극하여 치료하거나 뇌의 인지능력을 향상시키게 될 것이다.

[0174] 플렉시블 기판 상에 F-TFTA의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 드레인(Drain), 게이트(Gate), 소스(Source)를 구비하는 TFT(Thin Film Transistor)와 EEG 전극과 신경 자극기(자극부)가 구비되는 active matrix 방식으로 Gate Driver IC의 Data line과 Source Driver IC의 Control line이 연결되며 각 TFT들이 배치된 F-TFTA, 상기 F-TFTA와 연결된 DDIC가 연결된다.

[0175] 제2 실시예에 따른 F-TFTA(Flexible-Thin Film Transistor Array)를 사용하여 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 웨어러블 EEG 헤드셋은,

[0176] 플렉시블 기판 상에 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 active matrix 구조로 배치된 F-TFTA를 사용하며, 상기 F-TFTA와 연결된 DDIC; 상기 DDIC와 연결된 제어부와 저장부와 무선 송수신부(무선 통신부) 또는 USB 케이블 연결부를 구비하며, 각 채널의 EEG 전극의 TFT의 출력 전압과 전류($I_{DS}$)를 측정하여 다채널의 EEG 신호들을 유무선 통신을 통해 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(전용 PC)(200)로 전송하며, 자극 제어 신호를 수신하여 상기 자극부에 의해 1) 광신호 자극, 2) 전기 자극, 또는 3) RF 주파수 자극을 하는 플렉시블 보자기 형태의 웨어러블 EEG 헤드셋(100); 및

[0177] 상기 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로부터 다채널의 EEG 신호들을 수신받는 무선송수신부(무선 통신부) 또는 USB 케이블 연결부, 제어부, 저장부, LCD 표시부를 구비하며, 뇌파신호처리 후 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 출력하며 뇌파 분석에 의해 뇌전증을 일으키는 비정상 뇌파를 검출하여 뇌전증 발작 부위를 찾아내며, EEG 채널별 측정된 시간 영역(time domain)의 뇌파 기록 및 주파수 영역(frequency domain)의 주파수 스펙트럼 분석, 3D 뇌지도에 이상 뇌파 검출된 뇌의 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 3차원 좌표(x,y,z)를 3D 뇌지도에 표시하며, 해당 뇌 질환 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위에 대한 자극 제어 신호를 전송하는 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(전용 PC)(200)을 포함한다.

[0178] 상기 플렉시블 기판은 폴리이미드(polyimid) 또는 폴리실리콘(polysilicon) 중 어느 하나가 사용되며, 0.1 ~ 100㎛ 크기로 제작된다.

[0179] 상기 F-TFTA는 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이ㅡ이 각각의 TFT의 소스(source)에 EEG 전극과 자극부(신경자극기)를 각각 구비한다.

[0180] 상기 F-TFTA는 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각각의 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 신경자극기(자극부)를 구비하며, TFT 어레이의 매트릭스 구조에서 각 TFT 마다 1000~100만개 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)가 구비될 수 있다.

[0181] 상기 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 무선 통신부와 상기 EEG 측정 및 자극 제어 시스템(전용 PC)(200)의 무선 통신부는 블루투스 통신을 사용한다.

[0182] 상기 F-TFTA는 매트릭스 구조의 각각의 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 신경자극기를 구비하며,

[0183] 상기 플렉시블 기판과, 상기 플렉시플 기판위에 형성된 게이트 전극, 상기 게이트 전극을 도포하는 제1 패시베이션층(게이트 절연층), 상기 패시베이션 층 위에 형성된 소스 전극과 드레인 전극, 및 상기 드레인 전극과 상기 소스 전극 사이에 구비되는 활성층으로 사용되는 IGZO 채널층(활성층)으로 구성되는 EEG 전극을 포함한다.

[0184] EEG 측정 및 자극 제어 시스템(전용 PC)(200)은 상기 웨어러블 EEG 헤드셋(100)으로부터 다채널 EEG 전극의 뇌파 신호를 수신받는 무선 통신부; 뇌파 분석 프로그램에 의해 각각의 EEG 채널별 뇌파 신호를 FFT 변환 또는 Wavelet 변환하여 뇌파신호처리 후 각각의 EEG 채널별 뇌파 데이터를 출력하며 뇌파 분석에 의해 뇌전증을 일으키는 비정상 뇌파를 검출하여 뇌전증 발작 위치 및 부위를 찾아내도록 제어하며, 해당 뇌의 위치와 부위에 자극 제어 신호를 전송하도록 제어하는 제어부; 상기 제어부에 연결된 뇌파 분석 프로그램과 환자별 시간에 따른 다채널 EEG 전극별 뇌파 데이터를 저장하는 저장부; 및 상기 제어부에 연결되며, EEG 채널별 측정된 시간 영역(time domain)의 뇌파 기록 및 주파수 영역(frequency domain)의 주파수 스펙트럼 분석, 3D 뇌지도에 이상 뇌파 검출된 뇌의 위치와 부위 또는 마비된 신체에 대응하는 뇌의 위치와 부위의 3차원 좌표(x,y,z)를 표시하는 LCD 표시부를 포함한다.

[0185] EEG 측정 및 자극 제어 시스템(200)은 전용 PC 또는 IoT 장치가 사용되고, 뇌파 분석 프로그램(cilent)이 서버(server)와 데이터베이스에 연결되고, client/server 데이터베이스를 포함하는 컴퓨터 분석 시스템을 구축하며, 데이터베이스에 EEG 뇌파 기록 데이터를 저장하고, 환자별 뇌전증 설치류 모델에 따라 이식된 전극을 통한 EEG 신호 무선 기록 데이터 저장, EEG 뇌파 기록 데이터를 분류 및 피처 분석, 환자별 뇌파 기록시간별 델타(δ)파, 쎄타(Θ)파, 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(γ)파로 분류하여 각각 분류된 뇌파 파형별로 3D 모델링 된 3D 렌더러를 구비하여 3D 뇌지도에 표시, 3D 뇌지도와 CT 이미지와 의료 영상 저장 및 출력, 뇌전증 수술 부위 정량적 분석, 뇌병변 위치 확인 분석, 환자별 뇌전증 수술과 증상 분석, 임상 실험 결과와 증상 분석, 자극 치료와 평가 결과, 및 증상과 통계 정보를 데이터베이스에 저장하여 관리한다.

[0186] 상기 F-TFTA는 배터리로 구동된다.

[0187] 상기 F-TFTA는 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각각의 픽셀마다 TFT와 EEG 전극 및 신경 자극기를 구비하며, 매트릭스 구조로 1000~100만개 EEG 전극 및 신경 자극기(자극부)를 구비한다.

[0188] 상기 F-TFTA는 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각 픽셀 마다 TFT와 EEG 전극과 신경 자극기(자극부)가 구비되며, 예를들면, C1에만 전원을 인가하고 D1에 신호(signal)를 인가하면 첫 번째 픽셀이 켜지고 D1의 신호를 끄고, D2에 신호(signal)를 인가하면 그 아래 두번째 픽셀이 켜진다.

[0189] 상기 DDIC는 각 픽셀의 TFT의 게이트(Gate)와 Data line이 연결되는 Gate Driver IC; 및 각 픽셀의 TFT의 소스(Source)와 Control line이 연결되는 Source Driver IC을 구비한다.

[0190] 상기 뇌파 신호는 통상 125~1000Hz로 샘플링하며 최대 측정 주파수가 높을수록 분해능이 향상된다.

[0191] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 F-TFTA의 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하며, 얼굴 체결 수단을 구비하는 플렉시블 보자기 형태의 웨어러블 EEG 헤드셋(100)의 유선 또는 무선 의료기기(케이블, Bluetooth, Wi-Fi)로 사용되며,

[0192] 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 TFT와 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 active matrix 구조로 배치된 F-TFTA;

[0193] 상기 F-TFTA와 연결된 DDIC; 상기 DDIC와 연결된 제어부와, 상기 제어부에 연결된 저장부와, 상기 제어부에 연결된 무선 송수신부(무선 통신부) 또는 USB 케이블 연결부를 구비한다.

[0194] 또한, 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 제어부(MCU)에 연결되는 USB 연결부를 더 포함할 수도 있다.

[0195] 무선 통신부의 안테나는 1000~100만개 EEG 전극 채널별로 병렬 전송이 가능한 MIMO 안테나를 사용할 수 있다.

[0196] 도 9는 i) Thin Film Transistor와 DDIC의 결합 구조(RFIC Center), ii) F-TFTA와 전기자극을 위한 전극 결합 구조(좌), F-TFTA와 전기자극을 위한 전극 결합 구조 단면도(우), iii) F-TFTA의 매트릭스 구조의 각 픽셀마다 구비되는 EEG 전극 및 신경자극기(Nerve Stimulator)의 개념도(광운대 RFIC Center)이다.

[0197] 실시예2에서는, F-TFTA 시스템(유연한 플렉시블 기판 상에 TFT 어레이들과 연결된 Source Driver IC와 Gate Driver IC)은 반도체 기술을 사용하여 매트릭스 구조의 1000~100만개의 각 픽셀마다 EEG 전극과 자극부(신경 자

극기)를 구비할 수 있다.

[0198] 상기 F-TFTA의 매트릭스 구조의 각 지점의 픽셀은

[0199] 플렉시블 기판(flexible subatrate)과, 상기 플렉시플 기판위에 형성된 게이트 전극, 상기 게이트 전극을 도포하는 제1 패시베이션층(게이트 절연층), 상기 제1 패시베이션 층 위에 형성된 소스 전극과 드레인 전극, 및 상기 드레인 전극과 상기 소스 전극 사이에 구비되는 활성층으로 사용되는 IGZO 채널층(활성층)으로 구성되는 EEG 전극; 및

[0200] 각각의 EEG 전극마다 옆에 구비된 신경 자극기(자극부)가 구비되며, 상기 플렉시플 기판 연결되며, 상기 플렉시플 기판위에 형성된 게이트 전극, 상기 게이트 전극을 도포하는 제1 및 제2 패시베이션층(게이트 절연층), 및 제1 및 제2 패시베이션층 상에 구비되는 전극 자극기(electrode stimulator)를 포함한다.

[0201] 플렉시블 기판은 폴리이미드(polyimid) 또는 폴리 실리콘(polysilicon)을 사용한 유연 기판을 사용한다.

[0202] 게이트 전극은 IGZO 채널층(활성층)의 전류를 흐르거나 흐르지 않게 조절해 준다.

[0203] 패시베이션층(게이트 절연층)은 IGZO 채널층(활성층)과 게이트를 분리한다.

[0204] 소스 전극/드레인 전극은 전자를 공급하고 받는 역할을 한다.

[0205] 채널층은 드레인 전극과 소스 전극 사이에 구비되는 활성층이며, IGZO 채널층(활성층)을 사용한다.

[0206] 상기 신경 자극기(자극부)는 뇌전증 발작 위치와 부위에 광유전학 치료법 기술을 사용하여 광신호 자극을 하는 400~700nm 파장의 BLUE LED를 사용한다.

[0207] gate 전극에 일정 전압 이상이 걸리면, 활성층 내에 전자들이 gate 쪽으로 이동하고 쌓이고 source 전극과 drain 전극 사이에 전자들(electrons)이 이동할 수 있는 통로인 채널(channel)이 형성된다. 이 채널을 통해 source 전극으로부터 drain으로 전자들이 이동할 수 있다. 채널을 형성시킬 수 있는 gate 전압을 Vth(threshold voltage, 문턱전압)라고 하며, Vth 이하에서는 소스/드레인 사이에 채널이 형성되지 않기 때문에 전자가 이동할 수 없다.

[0208] 기존 32~128 채널별 EEG 전극(EEG electrode)을 대체한 F-TFTA 시스템(플렉시블 기판 상에 TFT 어레이들과 연결된 Source Driver IC와 Gate Driver IC)은 1000~100만개 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)에 의해 뇌파를 검출하고 신경치료가 가능하며, 비정상적인 뇌파를 검출하여 웨어러블 EEG 헤드셋의 자극부(신경 자극기)를 구동하여 신경자극 치료가 가능하다. 영장류, 포유류 등의 뇌에 적용 뿐만아니라 사람의 뇌에도 적용될 수 있다.

[0209] 웨어러블 EEG 헤드셋의 F-TFTA의 TFT 어레이의 매트릭스 구조의 각각의 TFT에 구비되는 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 통해 EEG 신호를 검출하고, 자극 제어 신호에 따라 해당 뇌의 위치와 부위에 자극을 주게 되면 뇌전증(간질) 뿐 아니라 루게릭병 치료, 대뇌피질 활성화를 통한 촉각, 후각 등의 감각 회복이 예측되며, Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈), 뇌질환에 의한 하반신 마비 환자 등의 뇌질환의 마비된 신체에 해당하는 뇌 부위의 신경 치료(오른손-좌뇌, 왼손-우뇌), 의료 분야에 사용이 가능하다.

[0210] 도 10은 F-TFTA와 OLED의 결합 구조(좌), F-TFTA와 OLED의 결합 구조 단면도(우)(광운대 RFIC Center)이다.

[0211] 광유전학(Optogenetics)은 생물에서 빛에 민감한 단백질들이 있는데, 이러한 단백질 중 녹조류에서 발견되는 channelrhodopsin 2(ChR2)는 Na+, K+,Ca++를 통과시키는 이온 채널을 조절하게 되고, 만약 푸른 빛이 ChR2-이온 채널에 감지되면, 그 이온 채널이 열려 Na+, Ca++가 세포 안으로 들어와 세포막을 탈분극 시키는 것을 말한다. ChR2는 해롭지 않은 바이러스를 이용해 뉴런(neuron)에 그 유전자를 주입함으로 뉴런에서 발현되게 할 수 있다. 광유전학은 광학과 유전학을 결합한 기술을 사용하면, 생체 조직, 또는 자유롭게 움직이는 동물에서 개별 신경 세포들의 활동을 조절 및 관찰하고 신경활동의 조절이 어떠한 효과를 발생하는지 실시간으로 확인할 수 있다. TFTA는 기본적으로 Display용으로 OLED(Organic Light Emitting Device)와 결합하기 쉬우며 이를 통해 뇌 네트워크 분석을 가능하게 한다.

[0212] 상기 F-TFTA의 각 픽셀은, 광유전학(Optogenetics) 기술이 적용되는 경우,

[0213] 상기 플렉시블 기판과, 상기 플렉시플 기판위에 형성된 게이트 전극, 상기 게이트 전극을 도포하는 제1 패시베이션층(게이트 절연층), 상기 제1 패시베이션 층 위에 형성된 소스 전극과 드레인 전극, 및 상기 드레인 전극과 상기 소스 전극 사이에 구비되는 활성층으로 사용되는 IGZO 채널층(활성층)으로 구성되는 EEG 전극; 및

[0214] 상기 EEG 전극 옆에 구비된 신경 자극기(자극부)로써, 상기 플렉시플 기판 연결되며, 상기 플렉시플 기판위에

형성된 게이트 전극, 상기 게이트 전극을 도포하는 제1 패시베이션층(게이트 절연층), 상기 드레인 전극과 상기 소스 전극 사이에 구비되는 활성층으로 사용되는 IGZO 채널층(활성층), IGZO 채널층(활성층) 위에 도포된 제3 패시베니션층과, 상기 제3 패시베이션층에 형성과 픽셀 전극과 Organic LED를 포함하는 전극 자극기를 포함한다.

[0215] 상기 신경 자극기(자극부)는 전용 PC의 자극 제어 신호를 웨어러블 EEG 헤드셋으로 수신하여 검출된 뇌전증 발작 위치와 부위에 광유전학 기술을 사용하여 400~700nm 파장의 블루 LED를 조사하여 광학적 자극을 가한다.

[0216] 웨어러블 EEG 헤드셋과 전용 PC 의료기기는 뇌파 분석 및 3D 뇌지도 기능을 구비한 소프트웨어와 같이 사용된다.

[0217] 웨어러블 EEG 헤드셋에서 매트릭스 구조의 EEG 전극과 자극부(신경 자극기)를 구비하는 플렉시블 박막 트랜지스터 어레이(F-TFTA)는 DDIC와 각 트랜지스터의 Gate, Drain에 연결되게 된다. gate line 10개, drain line 10개를 matrix로 연결하고, 하나의 gate line에 전원이 들어가게 되면 그 라인에 해당하는 트랜지스터들이 동작하게 되고, drain line과 교차하는 지점마다 신호(signal)를 입력/출력할 수 있다. 이러한 개념을 active matrix라고 하며, 한 픽셀단위로 입출력 신호처리를 할 수 있다.

[0218] 하나의 TFT 트랜지스터의 동작을 살펴보면, 트랜지스터의 gate에 전압이 가해지게 되면 트랜지스터의 스위치가 켜지며, 이 때 drain의 전압이 변하게 되면 전류의 양이 달라진다. 또한, 전류의 양은 gate 전압의 크기에 따라 달라지는데, 그 이유는 field effect에 의해 채널에서 흐를 수 있는 전류의 양이 달라지기 때문이다. 따라서, 채널(channel)에 전계형성을 해주게 되면 전류가 흐르게 되며, 제안하는 방법은 전극(electrode)에 전계(E-field)가 형성되면 금속 electrode는 대전이 되게 되는데 면적이 넓은 부분이 많은 양의 charge에 변화가 생긴다. 각각의 EEG 전극(EEG electrode)에 형성된 전계(electric field)의 변화로 트랜지스터(transistor)의 전류가 변하게 된다. 이를 통해 전계의 세기에 의한 전류의 변화를 알게 된다. 이 전계가 뇌파에 의해 생성되면 그 EEG 뇌파를 측정하여 해당 뇌 부위에 자극부에 의해 신경 자극을 가함으로써 뇌질환, 뇌의 네트워크 등 다양한 응용분야에 적용가능하다.

[0219] 상기한 바와 같이, 수 십 만개의 채널에서 동시에 일어나는 뇌파를 측정하기 위해 active matrix 동작으로 샘플링해야 한다. 기본적인 뇌파의 주파수는 수 Hz ~ 수 백 Hz로 높지 않다. 따라서, 뇌파를 샘플링하는 최소 조건인 측정 대상의 주파수보다 2배 이상의 비율로 샘플링해야 하는 Nyquist Sampling Rate 조건에 따라야 한다. 그러나, 2배는 최소 단위일 뿐 sampling rate가 높아진다면 더 정확한 신호를 수신할 수 있다. 현재 디스플레이는 1960*1080개(약 200만개 픽셀)의 트랜지스터를 240Hz로 sampling이 가능하다. 그러나, 디스플레이가 아닌 일반 센서에서 픽셀 개수를 1~10만개로 줄여도 sampling 주파수를 크게 증가시킬 수 있고 측정하려는 뇌파의 sampling 주파수를 맞출 수 있다.

[0220] 이렇게 sampling을 통해 수신되는 뇌파 신호는 F-TFTA의 DDIC가 신호처리하게 된다. DDIC는 수신된 아날로그 뇌파 신호를 ADC에 의해 디지털 신호로 변환하여 제어부(MCU), 무선 송신부(bluetooth)를 통해 뇌파 신호를 사용자 단말(전용 PC)로 송신한다.

[0221] 웨어러블 EEG 헤드셋이 EEG 전극과 자극부의 F-TFTA(Flexible Thin Film Transistor array)로 제작되는 경우, F-TFTA를 사용한 매트릭스 구조의 복수의 EEG 전극들과 신경 자극기(자극부)를 포함하는 무선 송수신 의료기기를 사용한다.

[0222] 본 연구는 웨어러블 EEG 헤드셋의 EEG 전극과 신경자극기 또는 F-TFTA의 EEG 전극과 신경자극기를  각 EEG 채널별 EEG 데이터를 수집하며, 신경 자극기(자극부)를 통해 뇌질환에 의한 장애를 치료하거나 측정 대상의 인지능력을 향상시키는 데에 도움을 준다. 신경 자극기의 활용 중에 대표적인 방법은 Deep Brain Stimulation(DBS)으로 뇌심부자극술을 뜻한다. 현재 뇌심부자극술은 뇌조율기라 불리는 의료장치를 뇌 안에 이식 하는 외과적 치료법인데, 이를 뇌에 집어 넣어 뇌의 신호를 측정하는 역할을 하는 동시에 전기적 자극을 보낸다. 만성 통증, 파킨슨병, 진전, 근긴장이상증 등의 효과적인 치료를 위해 특정 뇌 부위에 뇌심부 자극술을 할 수 있다. 뇌심부 자극술의 원리나 기전은 명백하게 알려진 바가 없지만 미국 FDA에 승인을 받았으며, 뇌의 활동에 직접적으로 영향을 주어 조절하는 방법으로 사용되며, 그 효과는 가역적이다. 이를 통해 뇌의 신경 자극을 통해 뇌 질환을 증상 완화 및 치료가 가능하며 이 장비를 통해서는 뇌전증에 대한 증상 완화와 치료에 목적을 두고 있다

[0223] 세브란스 병원은 현재 60% 정도의 국내 뇌전증과 신경관련 환자를 치료하고 있으며, EEG 검출 및 신경 자극기 시장은 Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 헤리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 치료 등 의료기기를 연구개발되면 뇌질환 치료 의료기기로 사용될 수 있다.

[0224] 도 11은 전극 채널별 뇌파 데이터 출력 화면이다.

[0225] 도 12는 대학 병원과 공동으로 정량적 뇌파 분석을 통한 뇌전증 수술 환자의 수술 영역 결정 분석법(Brain and development, 2016),뇌파의 Connectivity Analysis를 통해 비정상 뇌파의 소스파악 (Clinical Neurophysiology, 2015)을 보인 3D 뇌지도를 보인 그림이다.

[0226] 도 13은 3D 뇌지도와 국소 간질 분석 영상을 보인 사진이다.

[0227] 웨어러블 EEG 헤드셋(100)은 3D 헤드업 디스플레이(300)와 연동되며 전용 PC(200)와 연결되며, 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain Computer Interface, BCI)과 3D 뇌지도를 구비하며, 뇌파 측정시에 EEG 측정과 자극 기술을 사용하여 Alzheimer형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈) 환자의 치료를 위해 사용되며, 신경 자극치료기를 통해 뇌 피질에 직접적으로 광신호 자극/전기 자극/RF 주파수 자극을 가해 신경질환의 진단과 치료가 가능한 뇌파 측정 및 치료 의료기기로 사용될 것이다.

[0228] 이를 실현하기 위한 대부분의 기술은 대한민국 반도체 기술을 통해 구현 가능하다. TFT(Thin Film Transistor)의 개발을 제외 한 나머지 핵심요소 인 Transistor Array에 대한 공정, DDIC, 신호송수신에 대한 Software, Flexible OLED Panel 등 여러 사업분야에서 이미 상용화 하였으며, 제안하는 장비 개발의 실현 가능하다.

[0229] 기술적 측면에서, 현재 국내외 회사는 제안된 방법과 장치를 개발하지 못했으며, 고전적인 방법에서 머물러 있는 실정이다. 이를 구현하게 되면 뇌파 측정 및 치료 의료기기는 국내 및 해외 경쟁 우위(competitive advantage)를 선점하게 될 것이다.

[0230] 산업적 측면에서, 뇌 과학 분야에서 뇌파 검출 및 신경 자극 치료기의 수요가 계속적으로 증가하고 있으며, 본 의료기기가 연구개발되면 국내외 시장을 개척할 수 있다.

[0231] 뇌파 검사의 많은 EEG 전극 수와 높은 분해능을 갖는 EEG 측정 및 자극 장치를 통해 뇌파 분석, 뇌 병소 위치와 부위의 자극 치료, 뇌 네트워크의 분석이 가능하며, 이를 통해 그동안 해결하지 못했던 많은 뇌질환 질병에 대한 해결이 가능할 것이다. 또한, dl 분야는 단순히 뇌 질환 뿐만 아니라 뇌파를 이용한 신체장애 극복, 게임 재활 치료, 다양한 분야에서 자동화 등에 크게 기여 할 것으로 예상된다.

[0232] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자가 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

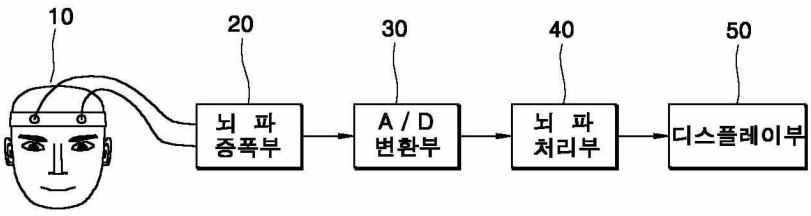
## *부호의 설명*

[0233] 100: 웨어러블 EEG 헤드셋 200: EEG 측정 및 자극제어 시스템

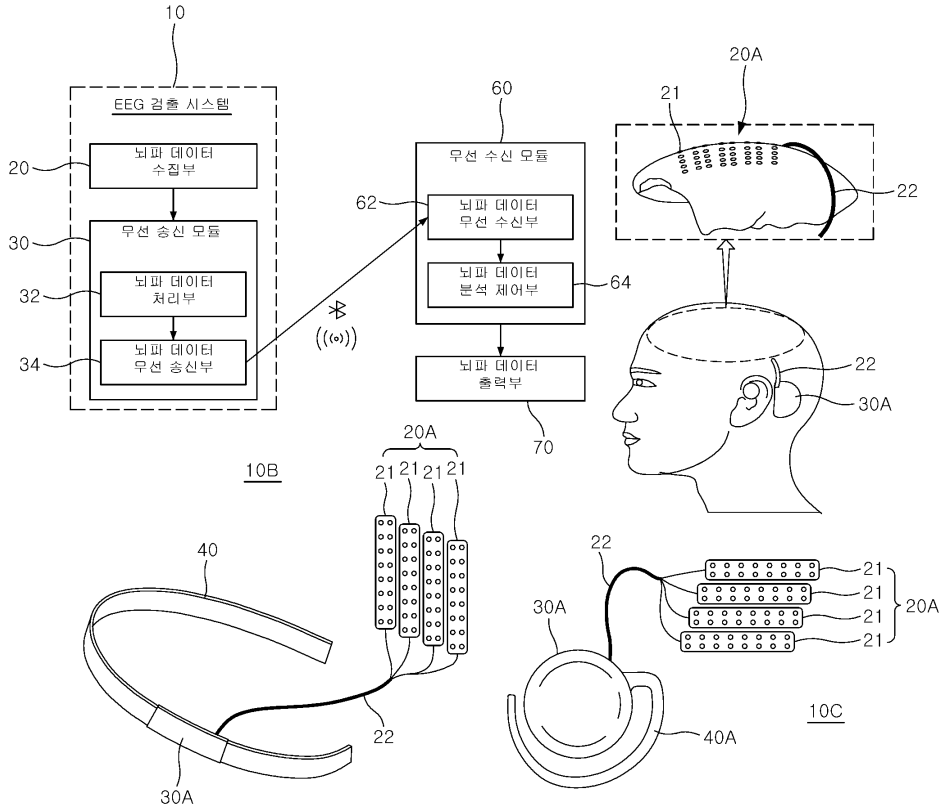
300: 3D 헤드업 디스플레이 310: VR 영상 디스플레이 기기

## *도면*

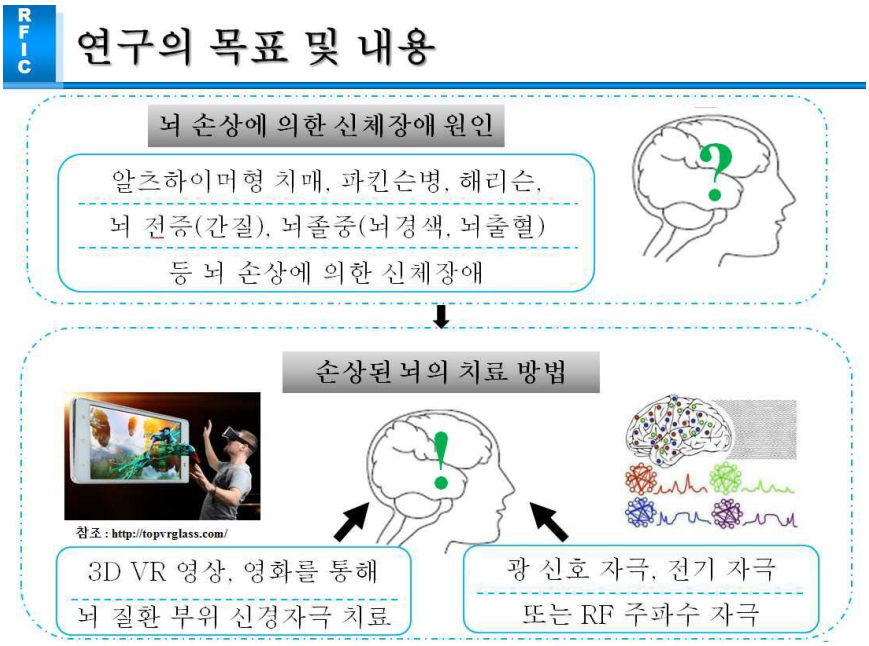
### *도면1*



도면2


10
EEG 검출 시스템
20
뇌파 데이터 수집부
30
무선 송신 모듈
32
뇌파 데이터 처리부
34
뇌파 데이터 무선 송신부
60
무선 수신 모듈
62
뇌파 데이터 무선 수신부
64
뇌파 데이터 분석 제어부
뇌파 데이터 출력부
70
10B
20A
21
22
30A
40
10C
40A

도면3a


RFIC
연구의 목표 및 내용
뇌 손상에 의한 신체장애 원인
알츠하이머형 치매, 파킨슨병, 헤리슨,
뇌 전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈)
등 뇌 손상에 의한 신체장애
손상된 뇌의 치료 방법
참조 : http://topvrglass.com/
3D VR 영상, 영화를 통해
뇌 질환 부위 신경자극 치료
광 신호 자극, 전기 자극
또는 RF 주파수 자극

도면3b

## 연구의 필요성

참조 : http://www.medicalhani.com/

**뇌질환으로 인한 신체장애 문제점**

알츠하이머형 치매, 파킨슨병, 헤리슨,
뇌 전증(간질), 뇌졸중(뇌경색, 뇌출혈)
등 뇌 손상에 의한 신체장애

⬇

뇌 질환으로 인한 신체장애는 영구적 또는
반 영구적 신체장애로 이어짐

**뇌파분석과 가상현실을 이용한 뇌 질환 신체장애 치료 가능**

2017년 4월 네이처 (Nature, Scientific reports)에 게재된 논문에서
뇌파 분석 기술과 VR을 활용해 새로운 뇌 질환 환자 치료요법을 제시

도면3c

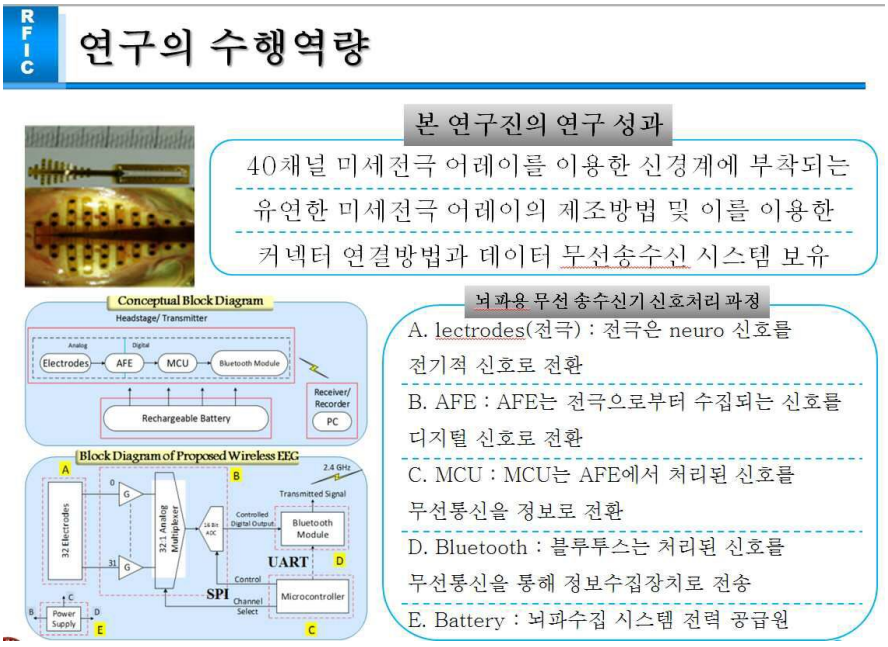
## 연구의 추진전략 및 방법

참조 : https://www.oculus.com/

**3D VR 영상을 통한 손상된 뇌 치료**

- ✓ 3D 헤드업 디스플레이와 연동되는 웨어러블 EEG 헤드셋 구비
- ✓ 3D VR 영상을 보면서 EEG 헤드셋에서 수신 신호를 전용 PC로 전송
- ✓ 3D 헤드업 디스플레이로부터 자극제어 신호를 전송
- ✓ 뇌질환에 의해 마비된 신체의 대응하는 해당 뇌의 위치와 부위를 신경자극 치료

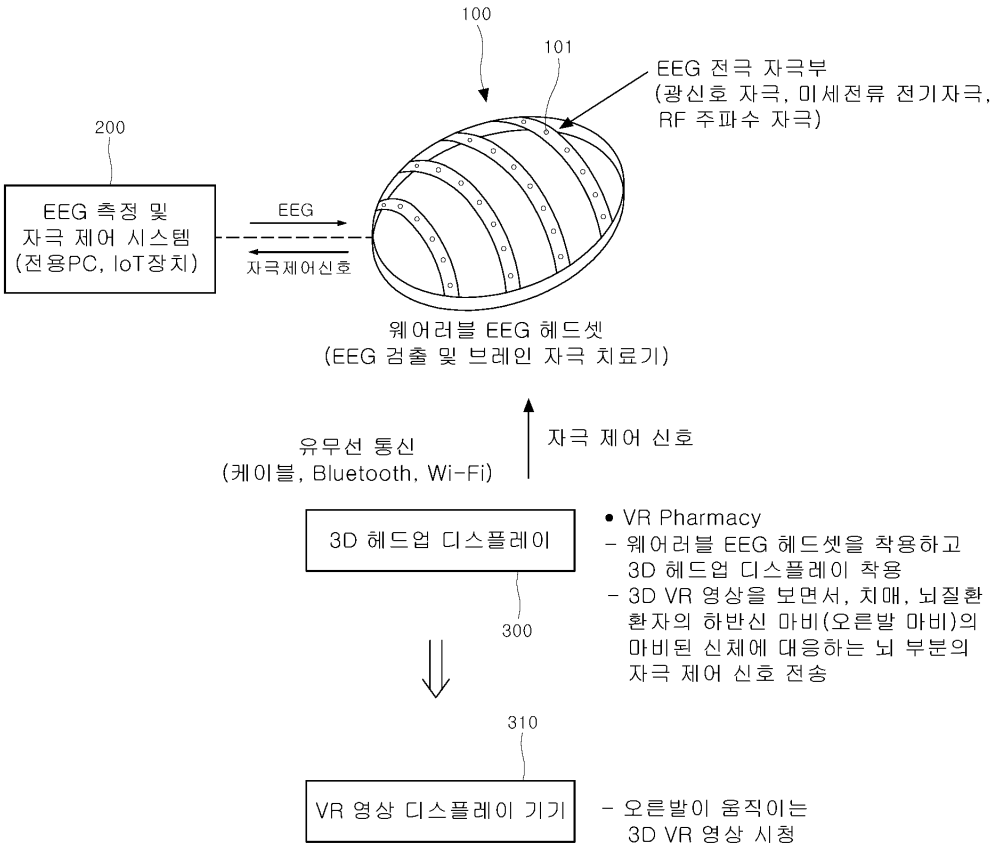
도면3d


RFIC
연구의 수행역량
본 연구진의 연구 성과
40채널 미세전극 어레이를 이용한 신경계에 부착되는
유연한 미세전극 어레이의 제조방법 및 이를 이용한
커넥터 연결방법과 데이터 무선송수신 시스템 보유
Conceptual Block Diagram
Headstage/ Transmitter
Electrodes
AFE
MCU
Bluetooth Module
Rechargeable Battery
Receiver/ Recorder
PC
Block Diagram of Proposed Wireless EEG
32 Electrodes
32:1 Analog Multiplexer
Controlled Digital Output
Bluetooth Module
Transmitted Signal
2.4 GHz
UART
SPI
Control
Channel Select
Microcontroller
Power Supply
뇌파용 무선 송수신기 신호처리 과정
A. lectrodes(전극) : 전극은 neuro 신호를
전기적 신호로 전환
B. AFE : AFE는 전극으로부터 수집되는 신호를
디지털 신호로 전환
C. MCU : MCU는 AFE에서 처리된 신호를
무선통신을 정보로 전환
D. Bluetooth : 블루투스는 처리된 신호를
무선통신을 통해 정보수집장치로 전송
E. Battery : 뇌파수집 시스템 전력 공급원

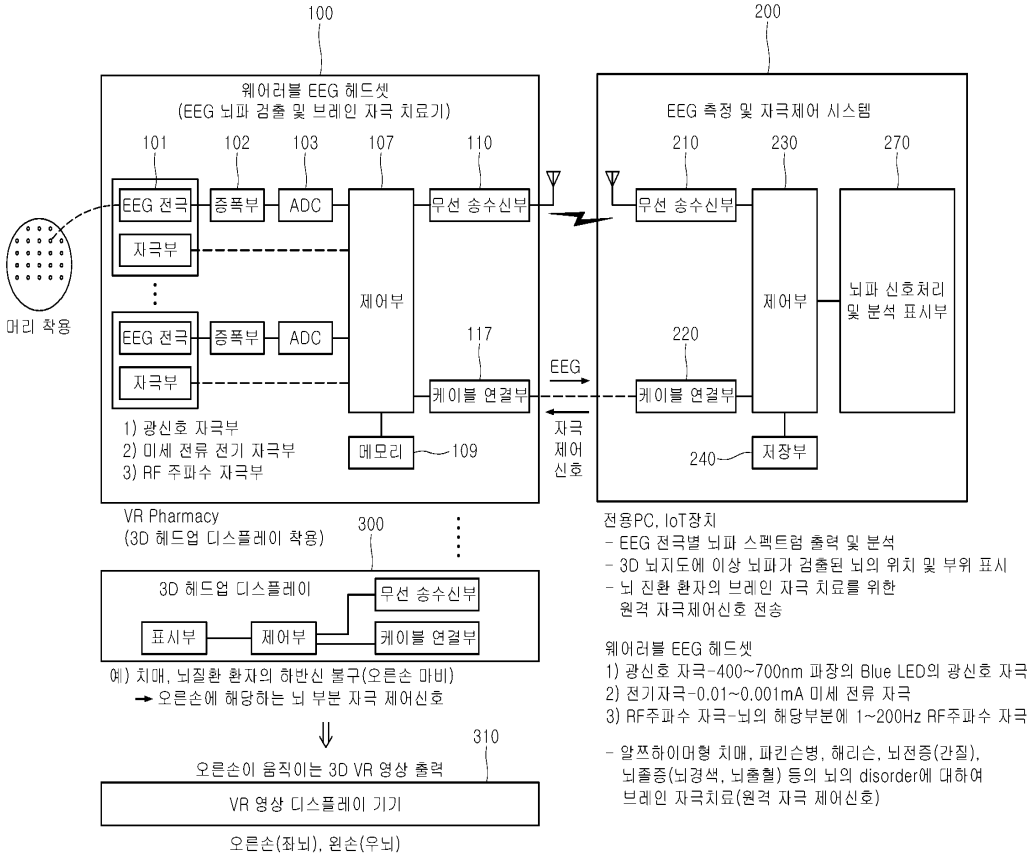
도면3e

RFIC
연구의 수행역량
시스템구성도-1단계 R&D
VR & EEG Analysis
based on
Deep Learning Systems
EEG
Data Pre-Processing
EEG Montage
Prediction
Machine Learning
Feature Extraction
Human Brain Waves
Brain & Electrode Positions

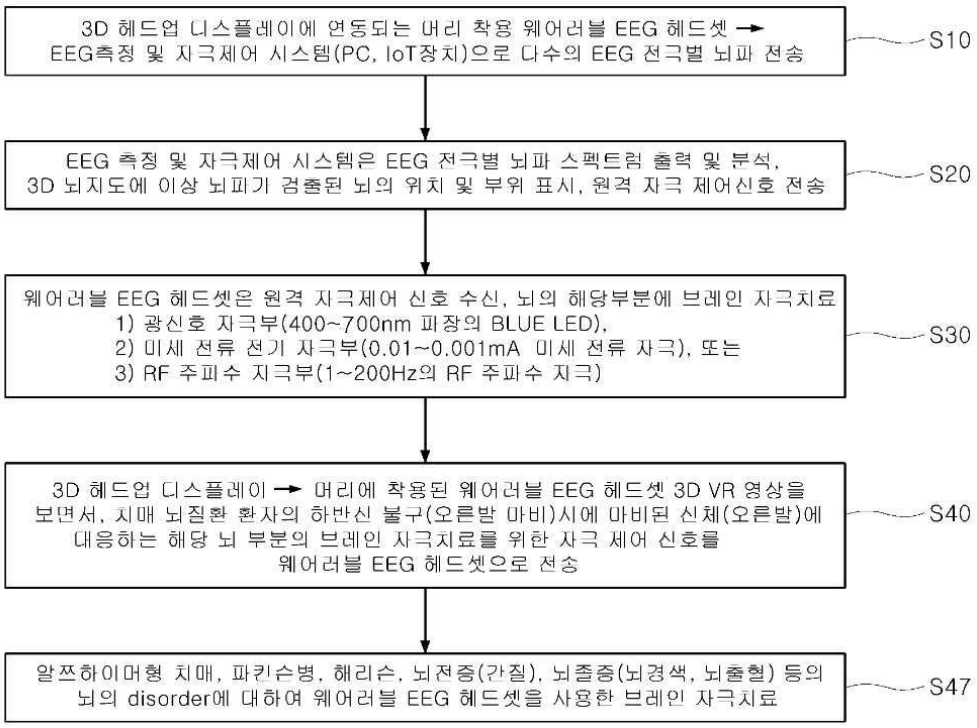
도면4


100
101
EEG 전극 자극부
(광신호 자극, 미세전류 전기자극,
RF 주파수 자극)
200
EEG 측정 및
자극 제어 시스템
(전용PC, IoT장치)
EEG
자극제어신호
웨어러블 EEG 헤드셋
(EEG 검출 및 브레인 자극 치료기)
유무선 통신
(케이블, Bluetooth, Wi-Fi)
자극 제어 신호
3D 헤드업 디스플레이
300
• VR Pharmacy
- 웨어러블 EEG 헤드셋을 착용하고
3D 헤드업 디스플레이 착용
- 3D VR 영상을 보면서, 치매, 뇌질환
환자의 하반신 마비(오른발 마비)의
마비된 신체에 대응하는 뇌 부분의
자극 제어 신호 전송
310
VR 영상 디스플레이 기기
- 오른발이 움직이는
3D VR 영상 시청

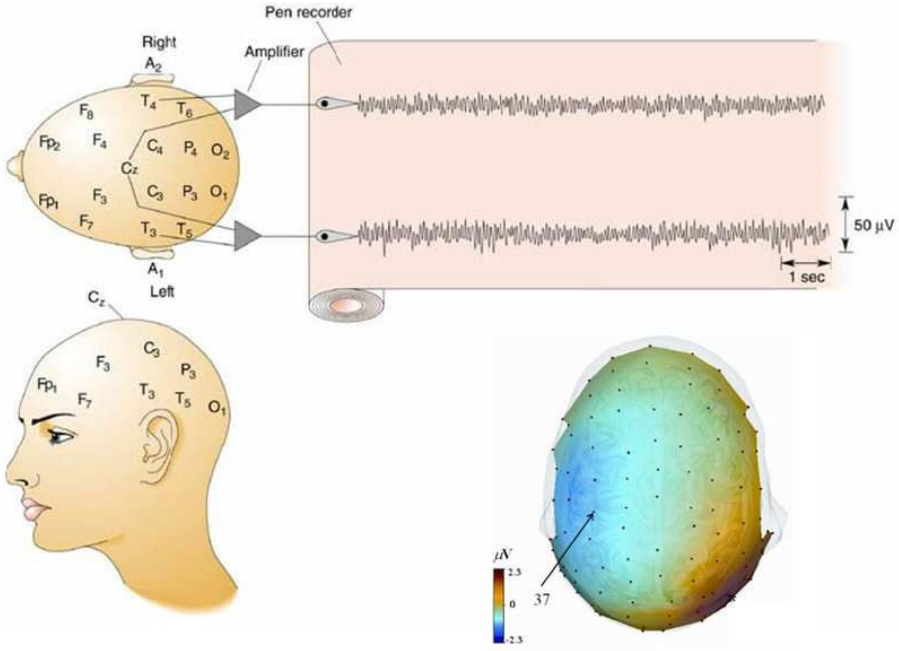
도면5


100
웨어러블 EEG 헤드셋
(EEG 뇌파 검출 및 브레인 자극 치료기)
101
102
103
107
110
EEG 전극
증폭부
ADC
자극부
제어부
무선 송수신부
머리 착용
117
케이블 연결부
메모리
109
1) 광신호 자극부
2) 미세 전류 전기 자극부
3) RF 주파수 자극부
200
EEG 측정 및 자극제어 시스템
210
230
270
무선 송수신부
제어부
뇌파 신호처리
및 분석 표시부
220
케이블 연결부
240
저장부
EEG
자극
제어
신호
VR Pharmacy
(3D 헤드업 디스플레이 착용)
300
3D 헤드업 디스플레이
무선 송수신부
표시부
제어부
케이블 연결부
예) 치매, 뇌질환 환자의 하반신 불구(오른손 마비)
→ 오른손에 해당하는 뇌 부분 자극 제어신호
310
오른손이 움직이는 3D VR 영상 출력
VR 영상 디스플레이 기기
오른손(좌뇌), 왼손(우뇌)
전용PC, IoT장치
- EEG 전극별 뇌파 스펙트럼 출력 및 분석
- 3D 뇌지도에 이상 뇌파가 검출된 뇌의 위치 및 부위 표시
- 뇌 질환 환자의 브레인 자극 치료를 위한
원격 자극제어신호 전송
웨어러블 EEG 헤드셋
1) 광신호 자극-400~700nm 파장의 Blue LED의 광신호 자극
2) 전기자극-0.01~0.001mA 미세 전류 자극
3) RF주파수 자극-뇌의 해당부분에 1~200Hz RF주파수 자극
- 알쯔하이머형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질),
뇌졸증(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌의 disorder에 대하여
브레인 자극치료(원격 자극 제어신호)

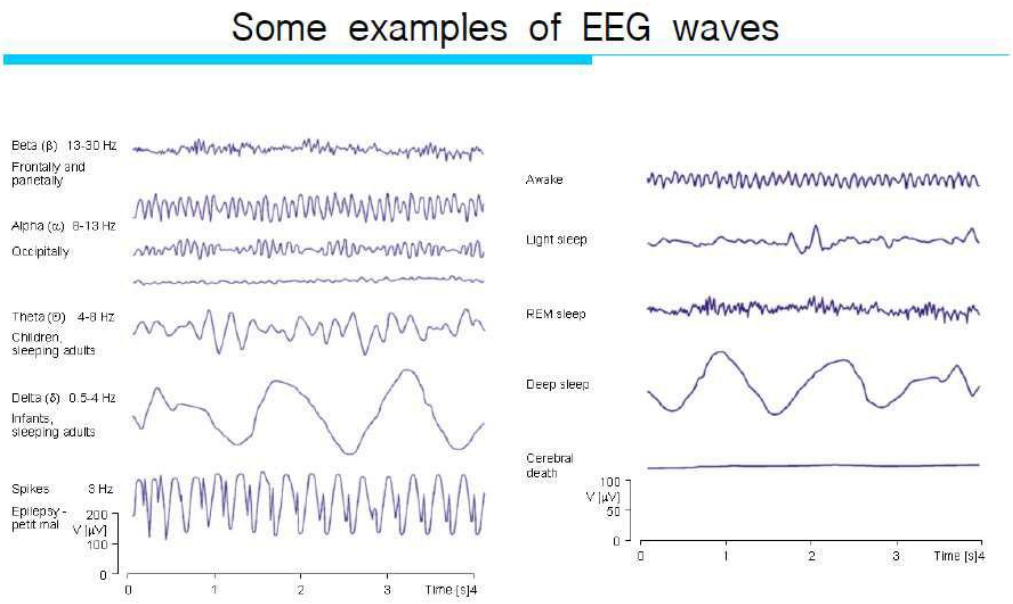
도면6


3D 헤드업 디스플레이에 연동되는 머리 착용 웨어러블 EEG 헤드셋 → EEG측정 및 자극제어 시스템(PC, IoT장치)으로 다수의 EEG 전극별 뇌파 전송
S10
EEG 측정 및 자극제어 시스템은 EEG 전극별 뇌파 스펙트럼 출력 및 분석, 3D 뇌지도에 이상 뇌파가 검출된 뇌의 위치 및 부위 표시, 원격 자극 제어신호 전송
S20
웨어러블 EEG 헤드셋은 원격 자극제어 신호 수신, 뇌의 해당부분에 브레인 자극치료
1) 광신호 자극부(400~700nm 파장의 BLUE LED),
2) 미세 전류 전기 자극부(0.01~0.001mA 미세 전류 자극), 또는
3) RF 주파수 자극부(1~200Hz의 RF 주파수 자극)
S30
3D 헤드업 디스플레이 → 머리에 착용된 웨어러블 EEG 헤드셋 3D VR 영상을 보면서, 치매 뇌질환 환자의 하반신 불구(오른발 마비)시에 마비된 신체(오른발)에 대응하는 해당 뇌 부분의 브레인 자극치료를 위한 자극 제어 신호를 웨어러블 EEG 헤드셋으로 전송
S40
알쯔하이머형 치매, 파킨슨병, 해리슨, 뇌전증(간질), 뇌졸증(뇌경색, 뇌출혈) 등의 뇌의 disorder에 대하여 웨어러블 EEG 헤드셋을 사용한 브레인 자극치료
S47

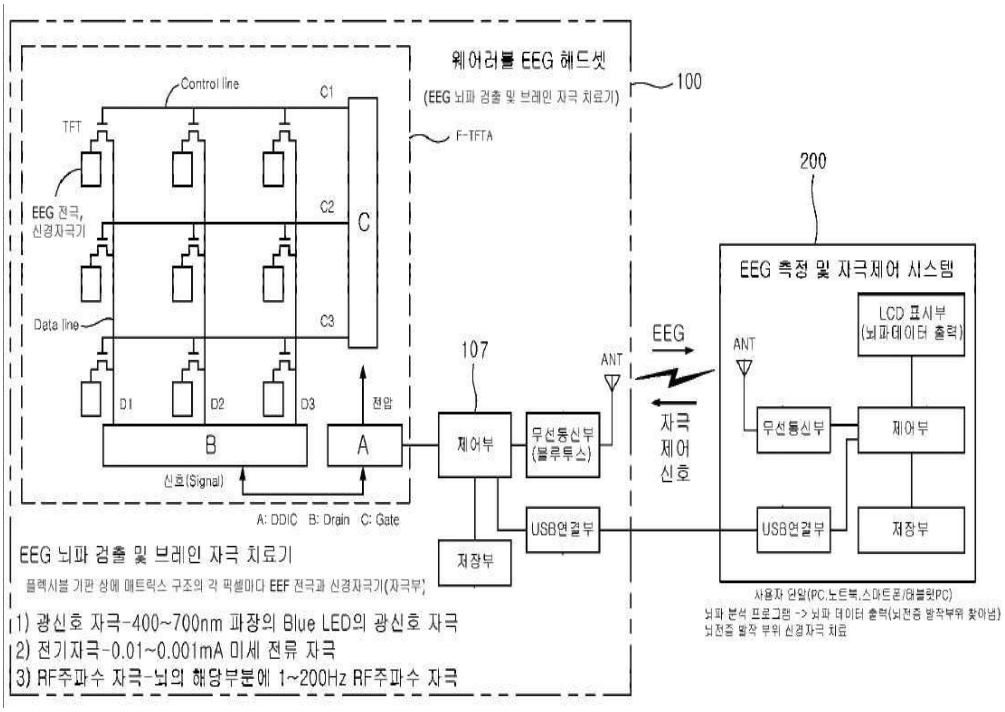
도면7a


Pen recorder
Amplifier
Right
A2
Fp2
F8
T4
T6
F4
C4
P4
O2
Cz
Fp1
F3
C3
P3
O1
F7
T3
T5
A1
Left
50 µV
1 sec
Cz
C3
F3
P3
Fp1
F7
T3
T5
O1
µV
2.3
0
-2.3
37

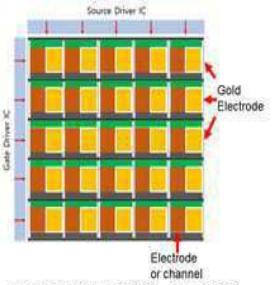
도면7b


Some examples of EEG waves
Beta (β) 13-30 Hz
Frontally and parietally
Alpha (α) 8-13 Hz
Occipitally
Theta (θ) 4-8 Hz
Children, sleeping adults
Delta (δ) 0.5-4 Hz
Infants, sleeping adults
Spikes 3 Hz
Epilepsy - petit mal
200
V [µV]
100
0
0
1
2
3
Time [s]4
Awake
Light sleep
REM sleep
Deep sleep
Cerebral death
100
V [µV]
50
0
0
1
2
3
Time [s]4

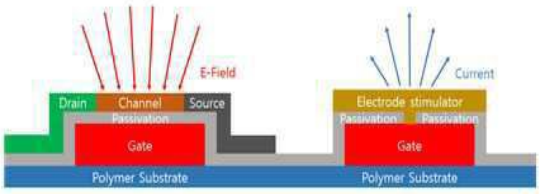
도면8



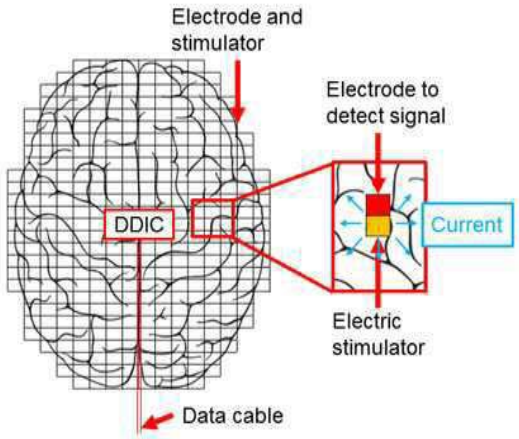

도면9




F-TFTA와 전기자극을 위한 전극 결합 구조 - RFIC Center

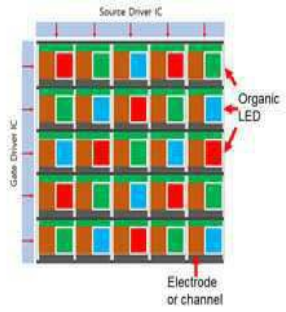



F-TFTA와 전기자극을 위한 전극 결합 구조 단면도 - RFIC Center

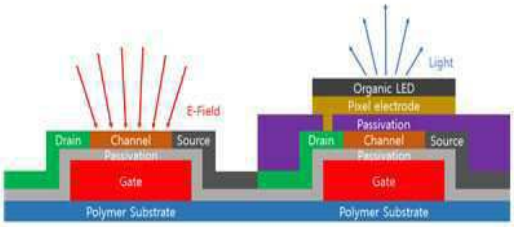



F-TFTA와 전기자극을 위한 전극을 결합한 뇌파 수신 및 자극기의 개략도 - RFIC Center

도면10

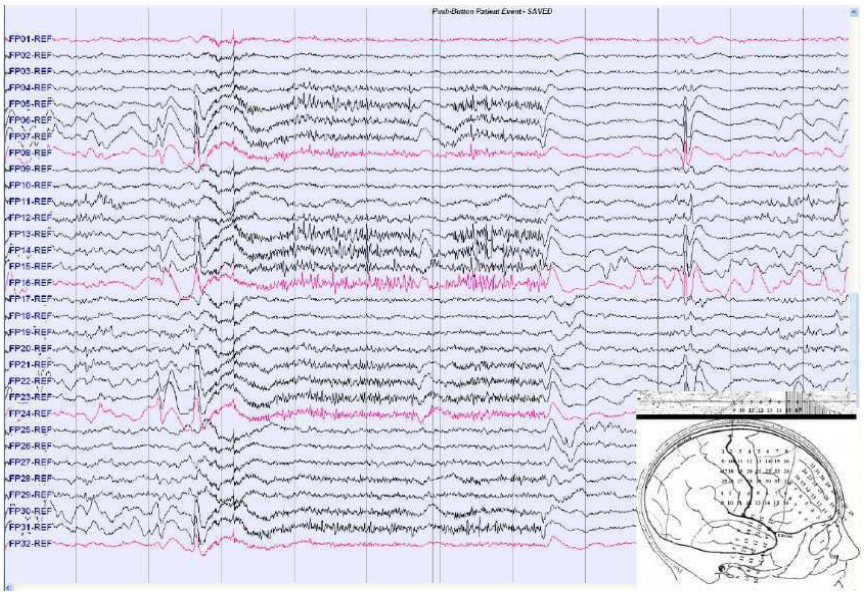



F-TFTA와 OLED의 결합 구조 - RFIC Center




F-TFTA와 OLED의 결합 구조 단면도 - RFIC Center

도면11



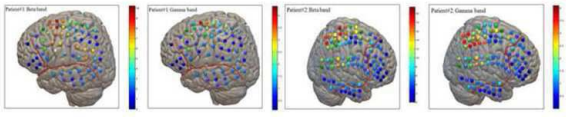
도면12

## RFIC 연구의 수행역량

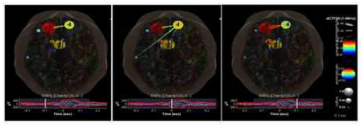
### 공동연구진(연세대 세브란스 병원)의 역량

▣ 정량적 뇌파 분석을 통한 수술 영역 결정 분석법 연구 성과

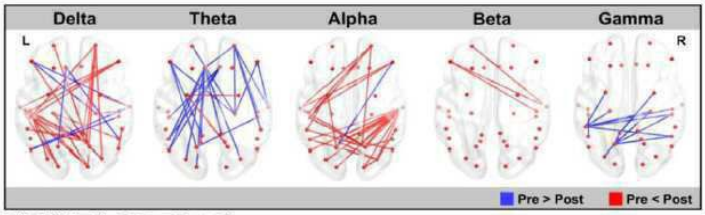
▪ 뇌파 분석을 통한 뇌전증 환자 수술 영역 결정(Brain and development, 2016)



▪ 뇌파의 Connectivity Analysis를 통해 비정상 뇌파의 소스파악 (Clinical Neurophysiology, 2015)



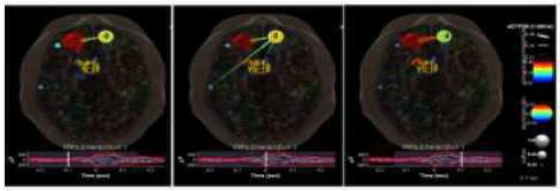
도면13




○ 광운대학교와 공동 특허 출원
- 무선 EEG 신호 처리를 하여 뇌전증 발작 부위를 찾아내는 알고리즘 포함

○ Lennox-Gastaut 증후군 환자에서 두 개강내 뇌파중 generalized sharp wave discharge (GSW)를 사용하여 여러 가지 신호분산 분석기법을 적용, 그 이상 간질파의 근원이 어디인지를 파악함 (Kim J, et al, Brain & development, 2014 pp: 1-8)

○ Lennox-Gastaut 증후군 환자의 간질 부위 국소화를 위한 connectivity 분석방법의 적용
- Hur Y, Kim H, Seizure, 2015, 33: 1-7
- 본 연구팀은 국소 간질 분석에서 사용되던 dDTF 방법을 Lennox-Gastaut 증후군 환자에게 적용
- Generalized sharp and wave discharge (GSW)를 분석
- Independent Component analysis와 source dipole fitting을 수행
- Connectivity analysis (eg, Granger Causality)를 적용



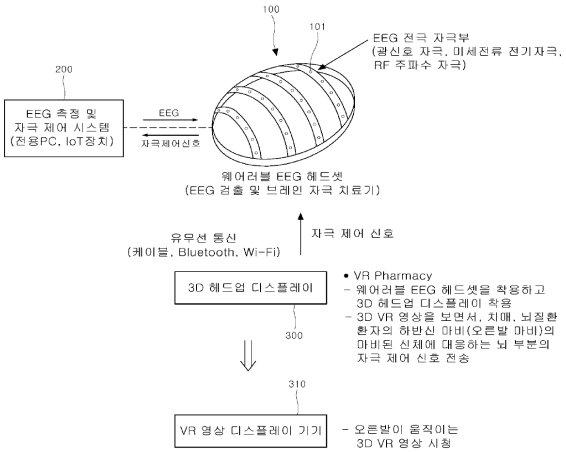
방향성 인과관계 (directional causality)를 이용하여 이상 발작 신호가 뇌의 어느 부위에서 시작하여 전파되어 나가는지 시각적으로 표현

<세브란스 신경외과 연구팀의 동물실험 성과>

○ 실험동물에 대한 장기적 실험 노하우 획득

다양한 행동 실험 모델에서 전극을 안정적으로 이식하여 마취된 상태에서 뿐 아니라 의식적으로 자유로이 활동하는 상태에서도 장기적으로 신호 획득 및 자극이 가능한 실험환경 구축과 노하우 축적 완료

| | | | |
|---|---|---|---|
| 专利名称(译) | 具有与3d平视显示器互锁的可穿戴式EEG耳机的EEG测量和刺激系统及方法 | | |
| 公开(公告)号 | KR1020200072099A | 公开(公告)日 | 2020-06-22 |
| 申请号 | KR1020180159874 | 申请日 | 2018-12-12 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 光云大学校产学协力团 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 光云学术合作 | | |
| [标]发明人 | 오태현<br>김남영<br>김은성 | | |
| 发明人 | 오태현<br>김남영<br>김은성 | | |
| IPC分类号 | A61B5/0476 A61B5/00 A61B5/04 G02B27/01 | | |
| CPC分类号 | A61B5/0476 A61B5/0024 A61B5/04012 A61B5/7225 G02B27/017 | | |
| 代理人(译) | 李如松 | | |


摘要(译)

公开了一种EEG测量和刺激系统和方法,其具有可佩戴的EEG耳机和3D平视显示器。 阿尔茨海默氏症型痴呆,帕金森氏病,哈里森,癫痫(癫痫),中风(脑梗塞,脑出血)的位置和部位的脑部疾病,并根据身体麻痹(下半身)来治疗大脑的部位和区域(3D) 配备可与平视显示器配合使用的可穿戴式EEG头戴式耳机,并与可穿戴式EEG头戴式耳机的EEG测量和刺激系统(专用PC,IoT设备)链接,以对脑部疾病和部位提供神经刺激治疗,或由佩戴者佩戴 佩戴可穿戴式EEG头戴式耳机和3D抬头显示器,并观看提供右/右脚和左/左脚运动的3D VR图像,该佩戴式EEG头戴式耳机将刺激控制信号从专用PC或3D抬头显示器发送到癫痫病灶位置和 对区域或瘫痪的身体的相应大脑位置和区域(左右脑或左右脑)执行神经刺激治疗。