



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0140705  
(43) 공개일자 2019년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
A61B 5/0059 (2013.01)  
A61B 5/7225 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0067528  
(22) 출원일자 2018년06월12일  
심사청구일자 2018년06월12일

(71) 출원인  
재단법인대구경북과학기술원  
대구 달성군 현풍면 테크노중앙대로 333,

(72) 발명자  
이기현  
대구광역시 중구 국제보상로 704-11(동인동4가)  
안진웅  
대구광역시 수성구 청수로 261, 1413동 1201호(황금동, 캐슬골드파크 4단지)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
리엔목특허법인

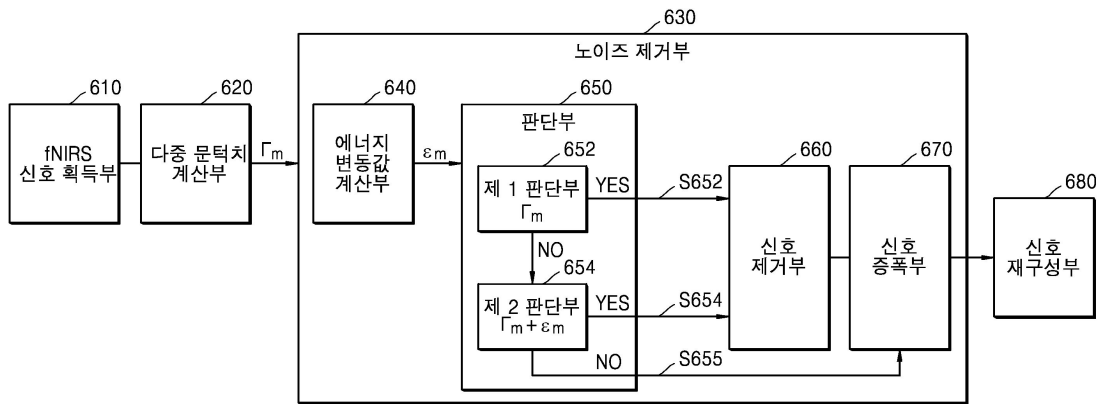
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 바람직한 일 실시예로서 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치는 기능적 근적외선 분광법에 의해 두피의 복수개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 복수개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 fNIRS신호획득부; 웨이블릿 수축 방식에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산부; 및 상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 계산된 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 노이즈를 제거하는 노이즈제거부;를 포함한다.

대표도



(72) 발명자  
**이승현**  
 대구광역시 달서구 용산서로 9, 103동 1701(용산동, 용산세광태왕2차아파트)

**진상현**  
 대구광역시 달성군 유가면 테크노북로 164, 110동 1402호(하나리움퀵즈파크)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017110012

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 에너지 분포 기반 웨이블릿 패킷에 의한 고충실 기능적 뇌혈류 신호 획득 방법 및 인지 기능 향상을 위한 음성 자극 기법에 대한 연구

연구과제명 에너지 분포 기반 웨이블릿 패킷에 의한 고충실 기능적 뇌혈류 신호 획득 방법 및 인지 기능 향상을 위한 음성 자극 기법에 대한 연구

기여율 1/2

주관기관 대구경북과학기술원

연구기간 2017.11.01 ~ 2018.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017060016

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 (5차) 뇌졸중 환자의 다양한 보행재활을 위한 보행의도 검출율 90% 이상의 생체신호 인터페이스 기술 및 지상보행 재활훈련로봇 적용기술 개발

연구과제명 (5차) 뇌졸중 환자의 다양한 보행재활을 위한 보행의도 검출율 90% 이상의 생체신호 인터페이스 기술 및 지상보행 재활훈련로봇 적용기술 개발

기여율 1/2

주관기관 한국과학기술연구원

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.05.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기능적 근적외선 분광법(fNIRS; Functional near-infrared spectroscopy)에 의해 두피의 복수 개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 복수 개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 단계;

웨이블릿 수축 방식(wavelet shrinkage)에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산단계;

상기 웨이블릿 임계밴드마다 웨이블릿 분해된 신호에 상기 문턱치값  $\Gamma_m$  및 상기 웨이블릿 임계밴드마다 계산된 에너지변동값  $\varepsilon_m$ 를 적용하여 노이즈를 제거하는 단계;를 포함하고, 이 경우  $\Gamma_m$ 은 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$ 은

상기 웨이블릿 임계밴드마다 계산되고, 임의의 웨이블릿 임계밴드의 합성혈류역학적반응함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)에 대한 실제 측정된 초기 휴식기 fNIRS 신호의 웨이블릿 임계밴드별 에너지분포의 비율을 기초로 계산되는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$ 은 아래 수식으로 표시되고.

$$\Gamma_m = \frac{E[\psi_7^I]}{E[\psi_7^{SHR}]} \psi_m^{SHR}$$

이 경우, E는 에너지를 나타내고,  $\psi_7^{SHR}$ 는 SHR(synthetic hemodynamic response)의 웨이블릿 계수,

$\psi_7^I$ 는 실제 측정된 초기 휴식기 fNIRS 신호의 웨이블릿 계수를 각각 나타내며,  $\psi_m^{SHR}$ 은 m번째 상기 웨이블릿 임계밴드의 합성혈류역학적반응함수 값을 나타내는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 임의의 웨이블릿 임계밴드는

합성혈류역학적반응함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)에서 가장 큰 에너지를 가진 웨이블릿 임계밴드인 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 노이즈를 제거하는 단계는

m번째 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$ 보다 작은 값을 지니는 웨이블릿 임계밴드의 웨이블릿 분해된 신호의 경우 상기 혈류역학적 반응신호와 관련없는 신호로 판단하여 m번째 임계-밴드에서 제거하는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서, 상기 노이즈를 제거하는 단계에서

상기 혈류역학적 반응신호와 관련이 높은 신호를 추출할 때 m번째 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$  및 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 계산된 에너지변동값  $\varepsilon_m$ 를 이용하는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 혈류역학적 반응신호를 증가시키는 단계는

m번째 웨이블릿 임계밴드의 웨이블릿 분해된 신호가  $\Gamma_m$  보다 큰 값을 지니고,  $\Gamma_m$  과  $\varepsilon_m$ 의 합보다 작은값을 지니는 경우 상기 혈류역학적 반응신호와 관련이 높은 신호로 판단하여 게인(gain) 조절을 통해 증가시키는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서, 상기 게인은

웨이블릿 임계밴드별 에너지 분포에 기초하여 조절되는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서, 상기 노이즈를 제거하는 단계는

m번째 웨이블릿 임계밴드의 웨이블릿 분해된 신호가 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$  와 m번째 웨이블릿 임계밴드의 에너지변동값  $\varepsilon_m$ 의 합보다 큰 경우 상기 혈류역학적 반응신호와 관련없는 신호로 판단하여 차단되는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 10**

제 2 항에 있어서, 상기 합성혈류역학적반응함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)는 작업(task) 수행 시간, 강도, fNIRS HbO 신호의 샘플링 주파수를 기초로 합성할 수 있는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서, 상기 노이즈를 제거하는 단계는

상기 획득된 혈류역학적 반응신호에서 피실험자의 호흡, 혈액 순환, 움직임에 포함하는 잡음 성분을 제거하는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 12**

기능적 근적외선 분광법에 의해 두피의 복수개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 대응하는 복수개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 단계;

웨이블릿 수축 방식에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산단계;

상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 노이즈를 제거하는 단계;를 포함하고, 이 경우 상기  $\Gamma_m$  은 m번째 밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법.

**청구항 13**

기능적 근적외선 분광법에 의해 두피의 복수개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 복수개의 측정 채널

널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 fNIRS신호획득부;

웨이블릿 수축 방식에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산부;

상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 계산된 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 노이즈를 제거하는 노이즈제거부;를 포함하고, 이 경우 상기  $\Gamma_m$  은 m번째 밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내는 것을 특징으로 하는 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 근적외선 분광신호 노이즈를 제거하기 위한 것이다. 보다 상세히, 뇌의 각 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 신호를 기초로 혈류학적 반응신호를 판단할 때 검출되는 근적외선 분광신호 노이즈를 제거하기 위한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 각광받고 있는 비침습적인 뇌활성화 측정 방법 중 근적외선 분광법(fNIRS)을 이용한 뇌활성도 측정 방법 등은 보행 훈련 상태를 실시간 측정이 가능하나, 머리, 체간 등의 움직임이나, 호흡, 심박 등 생리적 잡음 등 원하지 않는 잡음 등으로 인해 보행과 관련된 신경생리학적 정보가 포함된 충실한 뇌활성도 신호의 획득이 곤란한 문제점이 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) KR20170128232a

(특허문헌 0002) KR20160121348a

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명에서는 fNIRS 신호에서 잡음을 제거하는 과정에서 혈류학적 반응신호를 잡음 성분으로 판단하여 제거해 버리던 문제를 해결하고자 한다.

[0005] 본 발명에서는 또한 기준선 드리프트나 점핑 등과 같은 급격한 변화 신호 성분으로 인한 노이즈를 제거하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법은 기능적 근적외선 분광법(fNIRS; Functional near-infrared spectroscopy)에 의해 두피의 복수 개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 대응하는 복수 개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 단계; 웨이블릿 수축 방식(wavelet shrinkage)에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상이한 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산단계; 상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 계산된 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 상기 혈류역학적 반응신호와 관련된 신호를 증가시키는 단계; 및 상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 계산된 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 상기 혈류역학적 반응신호와 관련없는 신호를 감소시켜 노이즈를 제거하는 단계;를 포함하고, 이 경우 상기  $\Gamma_m$ 에서 m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내고,  $\Gamma_m$ 은 m번째 밴드의 문턱치값을 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0007] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 상기 m번째 밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$ 은 상기 웨이블릿 임계밴드마다 임의의 웨이블릿 임계밴드의 합성혈류역학적반응함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)에 대한 실제 측정된

초기 휴식기 fNIRS 신호의 웨이블릿 밴드별 에너지분포의 비율을 기초로 계산되는 것을 특징으로 한다.

- [0008] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 노이즈를 제거하는 단계는 m번째 밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$  보다 작은 값을 지니는 밴드의 경우 상기 혈류역학적 반응신호와 관련없는 신호로 판단하여 m번째 밴드에서 제거하는 것을 특징으로 한다.
- [0009] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 노이즈를 제거하는 단계는 상기 획득된 혈류역학적 반응신호에서 피실험자의 호흡, 혈액 순환, 움직임을 포함하는 잡음 성분을 제거하는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 상기 노이즈를 제거하는 단계는 m번째 밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$  및 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 계산된 에너지 변동 벡터  $\epsilon_m$ 를 이용하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 바람직한 일 실시예로서, 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법은 기능적 근적외선 분광법 (fNIRS; Functional near-infrared spectroscopy)에 의해 두피의 복수 개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 복수 개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 단계; 웨이블릿 수축 방식(wavelet shrinkage)에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산단계; 및 상기 웨이블릿 임계밴드마다 웨이블릿 분해된 신호에 상기 문턱치값  $\Gamma_m$  및 상기 웨이블릿 임계밴드마다 계산된 에너지변동값  $\epsilon_m$ 를 적용하여 노이즈를 제거하는 단계;를 포함하고, 이 경우  $\Gamma_m$  은 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법은 기능적 근적외선 분광법에 의해 두피의 복수개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 대응하는 복수개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 단계; 웨이블릿 수축 방식에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산단계; 및 상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 노이즈를 제거하는 단계;를 포함하고, 이 경우 상기  $\Gamma_m$  은 m번째 밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치는 기능적 근적외선 분광법에 의해 두피의 복수개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 복수개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득하는 fNIRS신호획득부; 웨이블릿 수축 방식에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산하는 다중문턱치값계산부; 및 상기 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 계산된 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 노이즈를 제거하는 노이즈제거부;를 포함하고, 이 경우 상기  $\Gamma_m$  은 m번째 밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타내는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0014] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법은 웨이블릿 임계밴드별로 상이한 문턱치값을 적용함으로써 혈류역학 반응신호를 잡음 성분으로 판단하여 제거해버리던 종래 문제를 해결할 수 있다. 또한 높은 주파수 대역의 측정 잡음 뿐만 아니라 신호의 기준선이 흔들리는 문제까지 복원시킬 수 있어 기준선 드리프트나 점핑 등과 같은 급격한 변화 신호 성분을 제거할 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법은 신호의 왜곡을 최소화하며 주변의 환경잡음에 강인한 특징을 지니고 있어 운동이나 재활 분야의 연구 및 치료 과정에 크게 기여할 수 있는 효과가 있다. 또한 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술에 활용시 노이즈로 인한 문제를 해결하는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0016] 도 1 또는 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치의 내부 구성도를 도시한다.  
 도 2 는 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 두피의 45개의 서로 다른 위치에 근적외선 신호를 조사하는 일 예를 도시한다.  
 도 3(a) 및 도 4(a)는 fNIRS신호획득부(110)에서 획득한 노이즈가 포함된 혈류역학적 반응신호의 일 예를 도시한다.

도 3(b) 및 도 4(b)는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 노이즈가 제거된 혈류역학적 반응신호의 일 예를 도시한다.

도 5는 웨이블릿수축 방식(wavelet shrinkage)의 개념도를 도시한다.

도 7 내지 8은 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 흐름도를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0017] 이하에서는 도면을 참고하여 설명한다.
- [0018] 도 1 또는 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치의 내부 구성도를 도시한다. 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 노이즈는 피실험자의 머리, 체간 등의 움직임이나, 호흡, 혈액순환, 심박 등 생리적 잡음 등 원하지 않는 잡음을 포함한다.
- [0019] 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치(100)는 fNIRS신호획득부(110), 다중문턱치값계산부(120) 및 노이즈제거부(130)를 포함한다. 노이즈제거부(130)의 상세 구성은 도 6 을 참고한다.
- [0020] fNIRS신호획득부(110)는 기능적 근적외선 분광법(fNIRS; Functional near-infrared spectroscopy)에 의해 두피의 복수 개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 복수 개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득한다.
- [0021] fNIRS신호획득부(110)는 도 2 에 도시된 일 실시예와 같이 두피의 45개의 서로 다른 위치에 근적외선 신호를 조사하여 45개의 측정 채널을 생성하며, 45개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득한다. 도 2 에 도시된 근적외선 신호를 조사하는 두피의 45개의 서로 다른 위치는 걷기 작업과 관련된 SMA(supplementary motor area)와 M1(primary motor cortex)를 거의 커버할 수 있음을 알 수 있다.
- [0022] 도 3(a) 및 도 4(a)는 fNIRS신호획득부(110)에서 획득한 혈류역학적 반응신호의 일 예를 도시한다.
- [0023] 도 3(a)에서 x 축은 도 2에 도시된 바와 같이 뇌의 45개의 서로 다른 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 45 개의채널을 나타내고, y축은 시간을, 그리고 z축은 뇌의 각 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 신호인 fNIRS HbO를 나타낸다. 도 4(a)에서 x축은 시간을 y축은 뇌의 각 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 신호인 fNIRS HbO를 나타낸다.
- [0024] 도 3(a) 또는 도 4(a)를 참고하면, fNIRS신호획득부(110)에서 획득한 근적외선 분광신호에 노이즈(310, 320, 410, 420, 430)가 포함되어 있음을 확인할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 발명에서는 웨이블릿 최소 묘사 길이 디트렌딩 (Wavelet description length detrending) 기법을 이용하여 노이즈를 제거하였다. 그러나, 웨이블릿 최소 묘사 길이 디트렌딩 기법의 경우 단일 문턱치값을 이용함으로써 혈류역학에 의한 반응과 잡음에 의한 반응을 구별하기 어려운 문제가 있다.
- [0025] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 다중문턱치값계산부(120)는 웨이블릿 수축 방식(wavelet shrinkage)에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 수학식 1 내지 3을 통해 계산한다.

**수학식 1**

[0026] 
$$\psi_m^{SHR}(l) = WP[SHRF(i), j]$$

**수학식 2**

[0027] 
$$\psi_m^I(l) = WP[y(i), j]$$

[0028] 수학적 식 1 내지 2에서  $\Psi_m^{SHR}$  은 합성 혈류역학적 함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)의 웨이블릿 계수를 나타내고,  $\Psi_m^I(I)$  는 초기 휴식기의 웨이블릿 계수를 나타내며, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를, WP는 웨이블릿 분해된 신호의 계수값을, 그리고 I 은 SHR 의 샘플 개수를 나타낸다. 여기서, I 은 측정되는 fNIRS 신호의 샘플링 주파수에 따라 달라질 수 있으며, 일 예로 I 은 320개의 샘플 개수를 가질 수 있다.

[0029] 수학적 식 2에서 y(i)는 도 5에 도시된 웨이블릿 수축 방식(wavelet shrinkage)의 y(n)을 의미한다. 도 5를 참고하면,  $y_1=A_1+D_1$ ,  $A_1=A_2+D_2, \dots$ 으로 표시가 되며, 본 발명에서는 웨이블릿 수축 방식에서 이용되는 Level n번째의  $A_n$ 과  $D_1 \sim D_n$  계수값을 이용한다. 본 명세서에서는 웨이블릿 수축 방식에 대해 상세히 기술하고 있지 않으나, 이와 관련되어 이미 공지되어 있는 일반적인 기술 내용이 본 명세서에 모두 포함되는 것으로 해석됨을 유의하여야 한다.

**수학적 식 3**

$$\Gamma_m = \frac{E[\Psi_7^I]}{E[\Psi_7^{SHR}]} \Psi_m^{SHR}$$

[0030]

[0031] 수학적 식 3에서 E는 에너지를 나타내고,  $\Gamma_m$  은 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값을 나타내고, m은 웨이블릿 임계밴드의 번호를 나타낸다. 또한,  $E[\Psi_7^{SHR}]$  는 7번째 웨이블릿 밴드 신호의 에너지이며, 이는 SHRF에서 가장 큰 에너지를 가진 웨이블릿 밴드를 지칭한다.  $E[\Psi_7^I]$  는 실제 측정된 초기 휴식기 fNIRS 신호의 웨이블릿 임계밴드의 에너지를 나타낸다. 그리고  $\Psi_m^{SHR}$  은 m번째 상기 웨이블릿 임계밴드의 합성혈류역학적반응함수 값을 나타낸다.

[0032] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 다중문턱치값계산부(120)에서 계산되는 문턱치값  $\Gamma_m$ 은 수학적 식 3을 참고하면 각각의 웨이블릿 임계밴드별로 다른 값을 가지게 되며, 임의의 웨이블릿 임계밴드의 합성혈류역학적반응함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)와 실제 측정된 초기 휴식기 fNIRS 신호의 웨이블릿 임계밴드별 에너지분포의 비율에 기초하여 계산되므로, 체계적의 웨이블릿 문턱치 값을 추정할 수 있다. 이 경우 임의의 웨이블릿 임계밴드는 합성혈류역학적반응함수 SHRF(synthetic hemodynamic response function)에서 가장 큰 에너지를 가진 웨이블릿 임계밴드, 예를 들어 7번째 웨이블릿 밴드 신호일 수 있다.

[0033] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 합성혈류역학적반응함수 SHRF는 작업(task) 수행 시간, 강도, fNIRS HbO 신호의 샘플링 주파수를 기초로 합성시킬 수 있으므로, 어떠한 작업(task)이나 환경에 적용이 가능한 이점이 있다.

[0034] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 노이즈제거부(130)는 수학적 식 1 내지 3 을 통해 계산된 웨이블릿 임계밴드별 문턱치 값들( $\Gamma_m$ )과 수학적 식 4를 통해 계산한 에너지 변동값  $\varepsilon_m$ 를 적용하여 노이즈를 제거한다.

**수학적 식 4**

$$\varepsilon_m = \frac{E[\Psi_7^I]}{E[\Psi_7^{SHR}]} \sqrt{\frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \Psi_m^{SHR}(i)^2 - \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \Psi_m^{SHR}(i)\right)^2}$$

[0035]

[0036] 노이즈제거부(130)에서 노이즈가 제거된 근적외선 분광신호(S130)은 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$\hat{\Psi}_m^{prop}(n) = \begin{cases} \Psi_m = 0, & \text{if } \Gamma_m + \varepsilon_m < \bar{\Psi}_m(n) \\ \bar{\Psi}_m(n) = \bar{\Psi}_m(n) \cdot \frac{E[\Psi_m^{SHR}]}{E[\Psi_7^{SHR}(n)]} \cdot \sqrt{2 \cdot \log(N)}, & \text{else if } \Gamma_m < \bar{\Psi}_m(n), \\ \bar{\Psi}_m(n) = 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0037]

[0038] 여기서 N은 시간 윈도우의 샘플 개수,  $\bar{\Psi}_m(n)$ 은 n번째 윈도우 내의 웨이블릿 계수의 기대값, 그리고  $\hat{\Psi}_m^{prop}(n)$ 은 n번째 윈도우, m번째 웨이블릿 임계밴드에서 노이즈가 제거된 후 개선된 웨이블릿 계수를 나타낸다.

[0039] 노이즈제거부(130)에서 노이즈를 제거하는 기준에 대해 도 6을 참고하여 보다 상세히 설명한다.

[0040] 도 6에서 fNIRS신호획득부(610), 다중문턱치계산부(620) 및 에너지 변동값계산부(640)는 도 1의 대응되는 구성요소의 설명을 참고한다.

[0041] 도 6을 참고하면, 노이즈 제거부(630)는 판단부(650)를 통해 웨이블릿 임계밴드마다 웨이블릿 분해된 신호를 혈류역학적 반응신호와 관련이 낮은 노이즈로 판단할 것인지 또는 혈류역학적 반응신호와 관련이 높은 신호로 판단하여 게인(gain)을 조절할 것인지를 판단한다.

[0042] 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 제 1 판단부(652)는 문턱치 값  $\Gamma_m$ 을 이용하여 혈류역학적 반응신호와 관련이 낮은지 높은지 여부를 판단한다. 제 1 판단부(652)는 m번째 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$ 보다 작은 값을 지니는 웨이블릿 임계밴드의 웨이블릿 분해된 신호의 경우 혈류역학적 반응신호와 관련없는 신호로 판단하여 신호제거부(660)를 통해 m번째 임계-밴드에서 제거한다(S652).

[0043] 제 1 판단부(652)에서 m번째 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$  이상의 값을 지니는 웨이블릿 임계밴드의 웨이블릿 분해된 신호의 경우, 제 2 판단부(654)에서 m번째 웨이블릿 임계밴드의 문턱치값  $\Gamma_m$ 와 m번째 웨이블릿 임계밴드의 에너지변동값  $\varepsilon_m$ 의 합보다 더 큰지 여부를 판단한다.

[0044] 제 2 판단부(654)는 웨이블릿 분해된 신호가  $\Gamma_m$ 와  $\varepsilon_m$ 의 합보다 더 큰 경우 혈류역학적 반응신호와 관련없는 신호로 판단하여 신호제거부(660)를 통해 제거 또는 차단한다(S654). 제 2 판단부(654)는 웨이블릿 분해된 신호가  $\Gamma_m$  이상  $\Gamma_m$ 와  $\varepsilon_m$ 의 합 이하인 경우에는 해당 신호가 혈류역학적 반응신호와 관련이 높은것으로 판단하여 신호증폭부(670)를 통해 게인(gain)을 조절하여 혈류역학적 특징이 강한 신호를 더 향상 시킨다. 이 경우 게인 값 역시 웨이블릿 임계밴드의 에너지 분포에 따라 결정된다.

[0045] 신호재구성부(680)는 최종적으로 분해되었던 웨이블릿 계수  $\hat{\Psi}_m^{prop}(n)$ 들을 역변환을 통해 하나의 신호로 재구성하여 노이즈가 제거된 fNIRS 신호(도 1, S130)을 획득한다. 도 3(b) 또는 도 4(b)는 도 1 또는 6에 개시된 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 노이즈가 제거된 fNIRS 신호를 도시한다.

[0046] 이하는 본 발명에 따라 뇌졸중 환자들에게 작업(task)을 수행한 경우 노이즈가 제거된 효과를 나타낸다.

CNR (dB <sup>a</sup> )					
Subject	Noise type	Original signal	Wavelet denoising	HRF smoothing	Proposed algorithm
Stroke patient subjects	S1 Measured	0.38	0.48	0.59	0.71
	Adding Gaussian	0.13	0.44	0.03	0.56
	S2 Measured	0.31	0.22	0.45	0.52
	Adding Gaussian	0.09	0.13	0.02	0.36
Healthy subjects	S3 Measured	0.17	0.18	0.43	0.49
	Adding Gaussian	0.09	0.14	0.4	0.43
	S4 Measured	0.14	0.19	0.35	0.47
	Adding Gaussian	0.08	0.17	0.36	0.43
	S5 Measured	0.22	0.35	0.66	0.77
	Adding Gaussian	0.04	0.09	0.33	0.37
	S6 Measured	0.44	0.61	0.88	1.29
	Adding Gaussian	0.12	0.28	0.67	0.74
	S7 Measured	0.42	0.47	0.93	1.04
	Adding Gaussian	0.24	0.55	0.86	0.95
S8 Measured	0.09	0.15	0.33	0.36	
Adding Gaussian	0.06	0.21	0.28	0.30	
Total mean CNR (dB)		0.19	0.29	0.47	0.61
Improvement rate		-	54%	151%	224%

<sup>a</sup>Decibel (dB): a logarithmic unit used to express the ratio.  
fNIRS: functional near infrared spectroscopy; CNR: contrast-to-noise ratio; HRF: hemodynamic response function.

[0047]

[0048] 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법의 흐름도를 도시한다.

[0049] 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치는 기능적 근적외선 분광법에 의해 두피의 복수개의 위치에 근적외선 신호를 조사할 때 출력되는 대응하는 복수개의 측정 채널로부터 혈류역학적 반응신호를 획득한다(S710). 그리고 웨이블릿 수축 방식에서 이용하는 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 계산한다(S720). 그 후 각각의 웨이블릿 임계밴드마다 상기 문턱치값  $\Gamma_m$ 을 적용하여 노이즈를 제거한다(S730).

[0050] 도 8은 본 발명의 바람직한 일 실시예로서, 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 방법을 구체화한 흐름도를 도시한다.

[0051] 본 발명의 바람직한 일 실시예에서 근적외선 분광신호에서 노이즈를 제거하는 장치에서 노이즈를 제거하기 위해  $\Gamma_m$ 와  $\epsilon_m$ 을 이용한다.

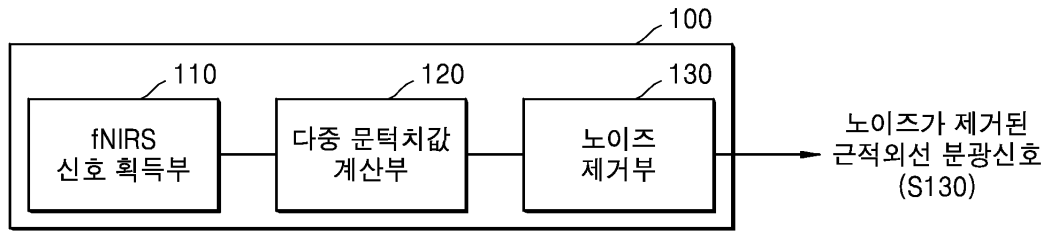
[0052] 1차적으로 각 웨이블릿 임계밴드마다  $\Gamma_m$ 보다 웨이블릿 분해된 신호가 작은 경우 노이즈로 판단한다(S810). 웨이블릿 분해된 신호가  $\Gamma_m$ 이상인 경우에는 2차적으로  $\Gamma_m$ 와  $\epsilon_m$ 의 합보다 더 큰지를 판단한다(S820). 웨이블릿 분해된 신호가  $\Gamma_m$ 와  $\epsilon_m$ 의 합보다 더 큰 경우 노이즈제거부는 해당 웨이블릿 분해된 신호를 노이즈로 판단하여 제거한다. 그 후  $\Gamma_m$ 이상이며  $\Gamma_m$ 와  $\epsilon_m$ 의 합 이하인 웨이블릿 분해된 신호의 경우에는 혈류역학적 반응신호와 관련이 높은 신호로 판단하여 계인을 조절한다(S830).

[0053] 본 방법발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광데이터 저장장치 등이 있다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

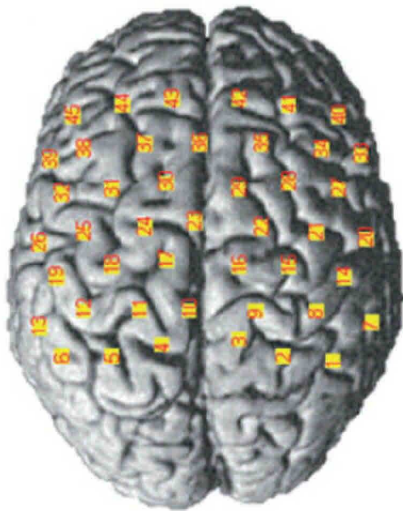
[0054] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

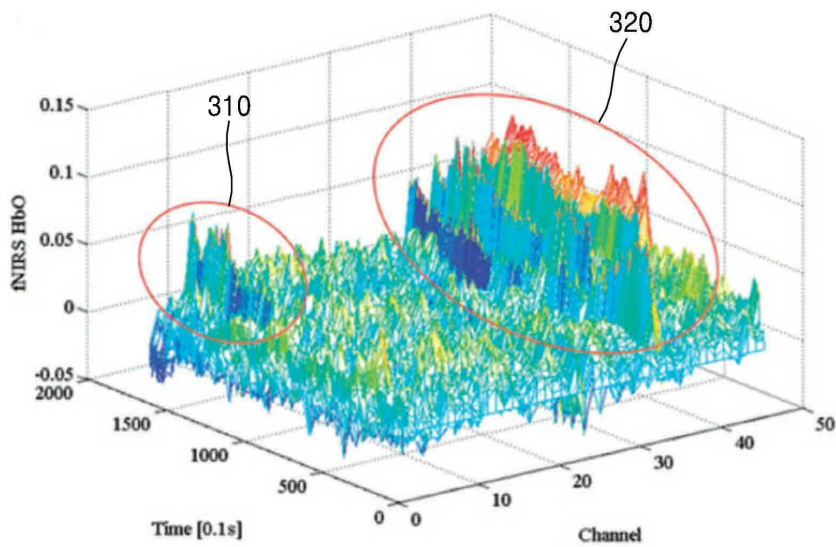
도면1



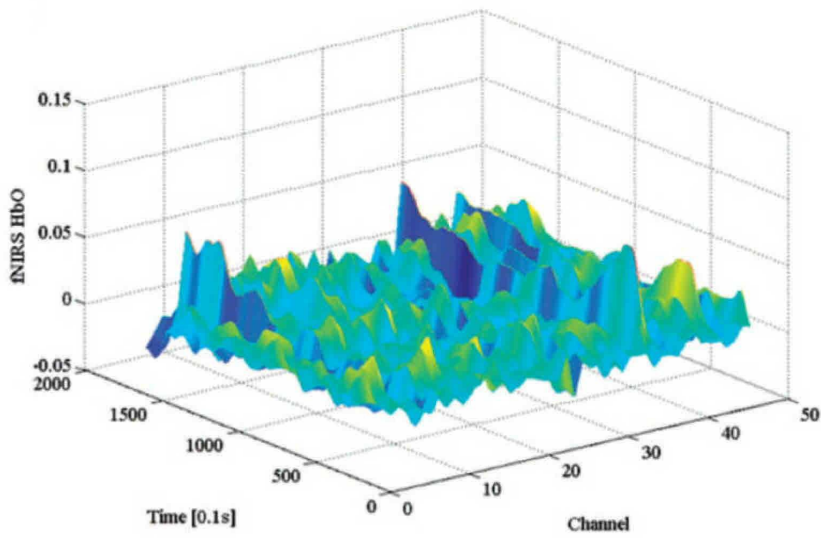
도면2



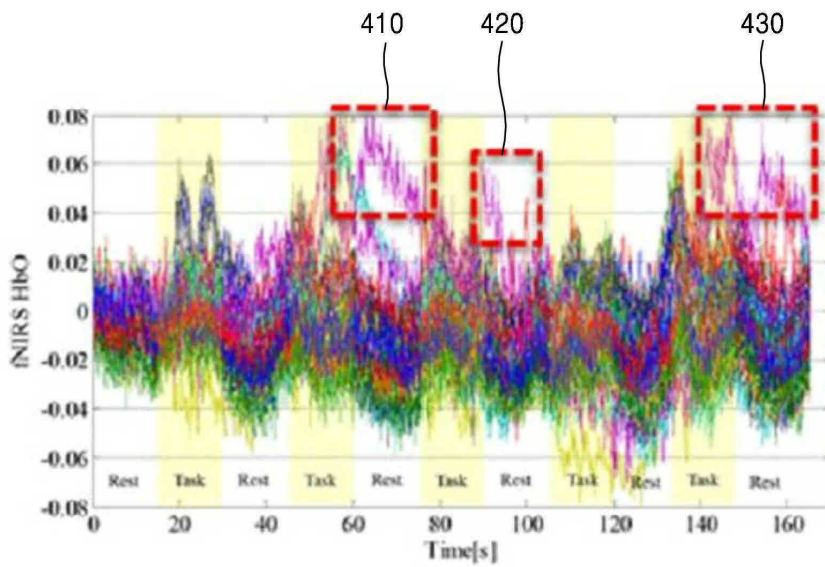
도면3a



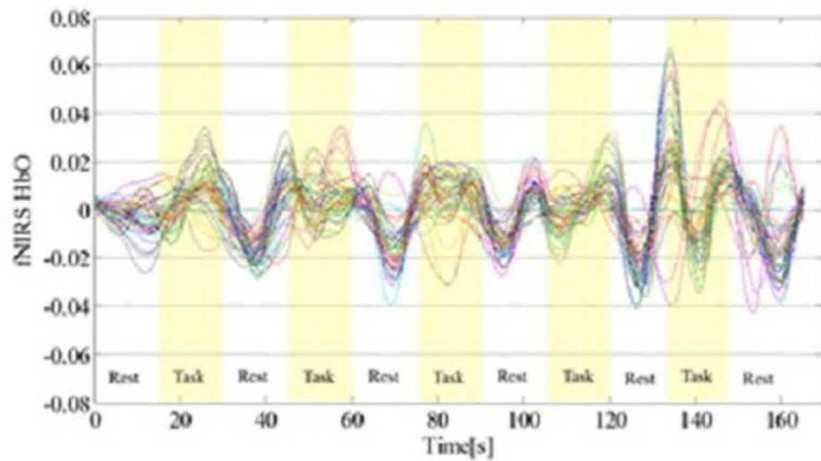
도면3b



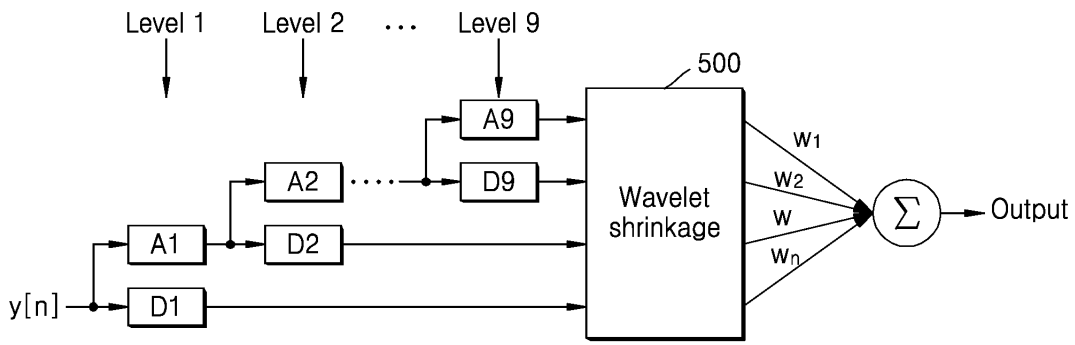
도면4a



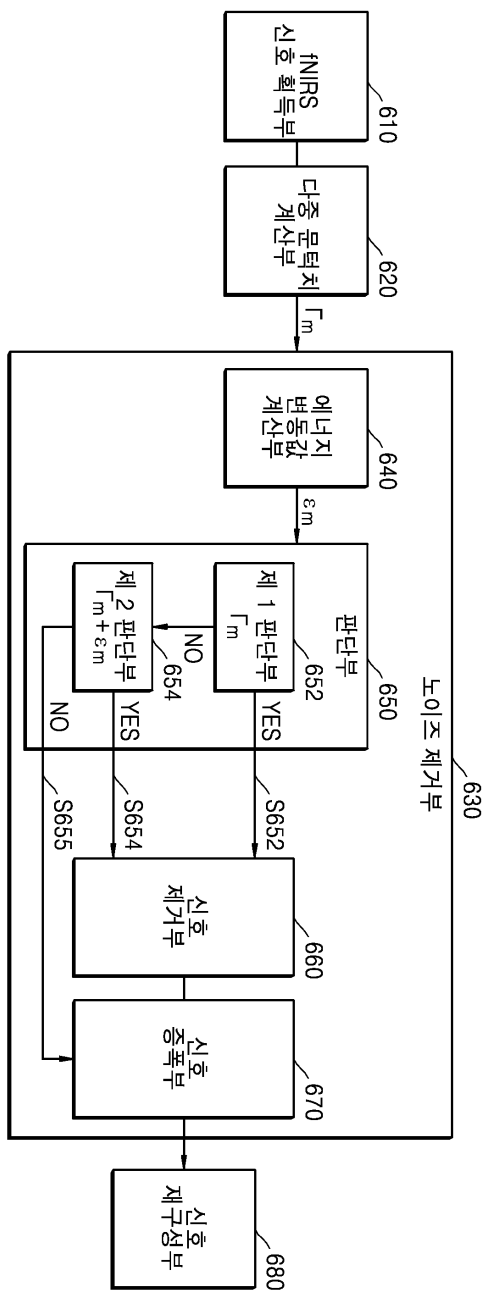
도면4b



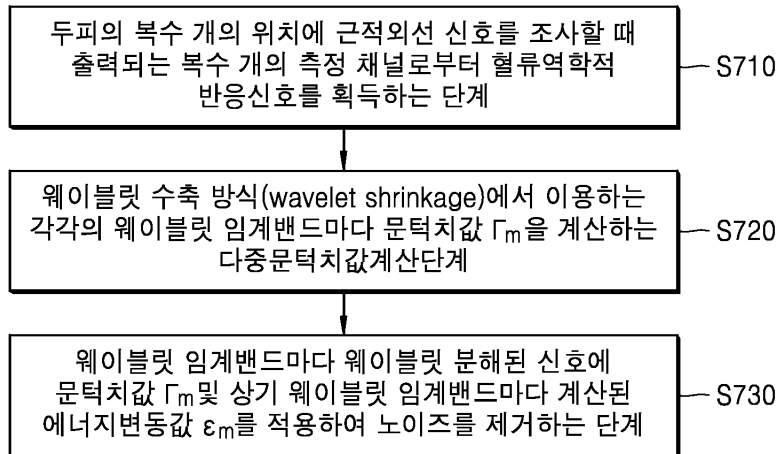
도면5



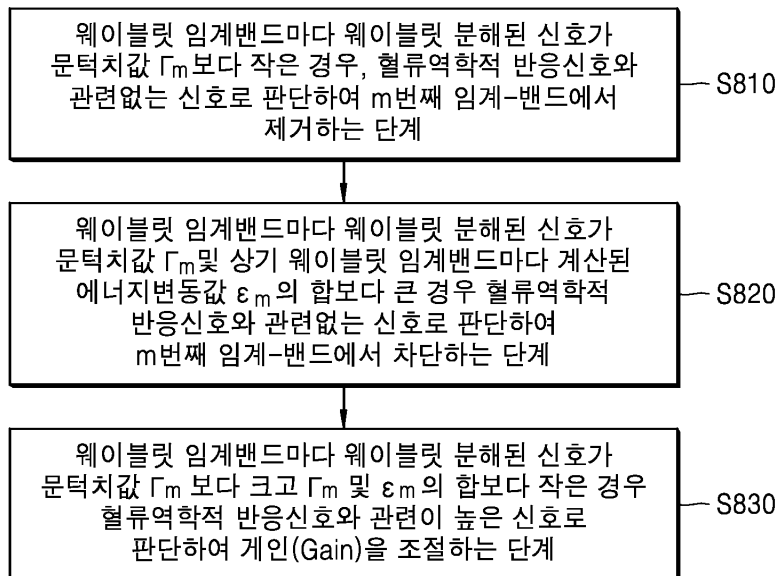
도면6



도면7



도면8



专利名称(译)	从功能近红外光谱信号中去除噪声的方法和装置		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020190140705A</a>	公开(公告)日	2019-12-20
申请号	KR1020180067528	申请日	2018-06-12
[标]申请(专利权)人(译)	大邱庆北科学技术院		
申请(专利权)人(译)	科技基金会的大邱庆北研究院		
[标]发明人	이기현 안진웅 이승현 진상현		
发明人	이기현 안진웅 이승현 진상현		
IPC分类号	A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0059 A61B5/7225		
其他公开文献	KR102123024B1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

作为本发明的示例性实施例，一种用于从功能近红外光谱 (fNIRS) 信号中去除噪声的设备包括：fNIRS信号获得单元，其从辐射近场时输出的多个测量通道获得血液动力学响应信号。通过fNIRS向头皮的多个位置发信号；多阈值计算单元为小波收缩方法中使用的每个小波阈值带计算阈值 $\Gamma_m$ ；噪声去除单元通过将计算出的阈值 $\Gamma_m$ 应用于每个小波阈值频带来去除噪声。

