(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0135107
(43) 공개일자 2016년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/0476 (2006.01) *A61B 5/048* (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/0476 (2013.01)
A61B 5/048 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0126465(분할)
(22) 출원일자 2016년09월30일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2014-0138902
원출원일자 2014년10월15일
심사청구일자 2014년10월15일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이종환
서울특별시 성북구 장월로1길 28 101동 1403호 (상월곡동,동아에코빌아파트)
김현철
서울특별시 성북구 안암로5길 54-4 207호 (안암동4가,마이바움)
(74) 대리인
김등용, 김홍석

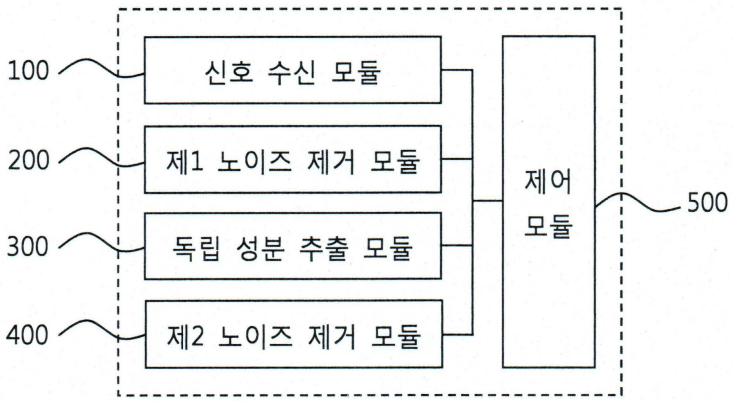
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **시리즈 독립성분분석을 이용한 뇌파 노이즈 제거 장치 및 뇌파 노이즈 제거 방법**

(57) 요 약

뇌파 노이즈 제거 방법이 개시된다. 상기 뇌파 노이즈 제거 방법은 (a) 뇌파(electroencephalography; EEG) 신호를 수신하는 단계, (c) 독립 성분 분석(Independent Component Analysis; ICA) 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하는 단계, 및 (d) 추출된 독립 성분으로부터 제k 노이즈(2≤k≤n+1)를 제거하는 단계를 포함하고, 상기 (c) 단계와 상기 (d) 단계는 n(n은 2 이상의 자연수)회 반복 수행될 수 있다.

대 표 도 - 도1



10

(52) CPC특허분류
A61B 5/055 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1A2A2A03004462
부처명 교육과학기술부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 이공분야 기초연구사업 중견연구자지원사업 핵심연구
연구과제명 심화인공신경망 및 재귀적주성분분석 최적화 기반 뇌영상분석법 개발:전자담배의 뇌기전 규명 및 금연보조 소프트웨어 개발에의 활용
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2015.05.01 ~ 2018.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 뇌파(electroencephalography; EEG) 신호와 심전도(electrocardiogram; ECG) 신호를 수신하는 단계;

(c) 독립 성분 분석(Independent Component Analysis; ICA) 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하는 단계;

(d) 추출된 독립 성분으로부터 제k 노이즈(2≤k≤n+1)를 제거하는 단계; 및

상기 (c) 단계 내지 상기 (d) 단계는 $\overline{X_n} = \overline{A_n} \cdot \overline{S_n}, \ (n > 2)$ 에 의해

독립성분 분석을 n(n은 2 이상의 자연수)회 반복 수행하여 단계별로 심탄도(ballistocardiogram; BCG) 노이즈, 눈동자 움직임 노이즈, 및 잔여 MR(magnetic resonance) 그레디언트(gradient) 노이즈를 제거하되, 상기 (c) 단계는 상기 제k 노이즈가 제거된 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하고,

상기 잔여 MR 그레디언트 노이즈는 획득된 뇌영상 볼륨(volume)의 슬라이스(slice)의 개수를 볼륨 획득 시간(repetition time)으로 나눈 주파수 값에 기초하여 결정되고,

상기 심탄도 노이즈는 상기 ECG 신호와 추출된 독립 성분들 간의 상호 정보의 값에 기초하여 결정되고,

상기 눈동자 움직임 노이즈는 뇌지형도(brain topography) 상에서 눈주위의 활성화 정도에 기초하여 결정되는,

뇌파 노이즈 제거 방법.

여기서, $\overline{X_n}$ 은 제n 노이즈가 제거된 뇌파신호,

$\overline{A_n}$ 는 제n 혼합행렬,

$\overline{S_n}$ 는 n단계별 독립성분 추정

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 뇌파 노이즈 제거 방법은, (a) 단계 이후에, (b) 상기 뇌파 신호에 포함된 제1 노이즈를 제거하는 단계를 더 포함하고,

상기 제1 노이즈를 제거하는 단계는 평균 잡음 감산(average artifact subtration; AAS) 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호에 포함된 MR(magnetic resonance) 그레디언트(gradient) 노이즈를 제거하는 뇌파 노이즈 제거 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 뇌파 신호는 fMRI(functional magnetic resonance imaging) 신호와 동시 측정된 것을 특징으로 하고,

상기 단계 (d)는,

혼합 행렬의 성분들 중 상기 제k 노이즈에 대응하는 열(column)의 값을 0으로 치환하는 단계; 및

열의 값이 0으로 치환된 혼합 행렬로부터 상기 제k 노이즈가 제거된 뇌파 신호를 추정하는 단계를 포함하는,

뇌파 노이즈 제거 방법.

청구항 4

fMRI 신호와 동시 측정된 뇌파 신호와 심전도(ECG) 신호를 수신하는 신호 수신 모듈;

독립 성분 분석 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하는 독립 성분 분석을 n(n은 2 이상의 자연수)회 수행하는 독립 성분 추출 모듈; 및

추출된 독립 성분들으로부터 제k 노이즈(2≤k≤n+1)를 제거하는 제2 노이즈 제거 모듈을 포함하며,

상기 독립 성분 추출 모듈은 $\overline{X_n} = \overline{A_n} \cdot \overline{S_n}, \ (n > 2)$ 에 의해

독립 성분 분석을 n(n은 2 이상의 자연수)회 반복 수행하되, 상기 제k 노이즈가 제거된 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하고,

상기 제2 노이즈 제거 모듈은 단계별로 심탄도 노이즈, 눈동자 움직임 노이즈, 및 잔여 MR 그레디언트 노이즈를 제거하고,

상기 잔여 MR 그레디언트 노이즈는 획득된 뇌영상 볼륨의 슬라이스의 개수를 볼륨 획득 시간으로 나눈 주파수 값에 기초하여 결정되고,

상기 심탄도 노이즈는 상기 ECG 신호와 추출된 독립 성분들 간의 상호 정보의 값에 기초하여 결정되고,

상기 눈동자 움직임 노이즈는 뇌지형도 상에서 눈주위의 활성화 정도에 기초하여 결정되는,

뇌파 노이즈 제거 장치.

여기서, $\overline{X_n}$ 은 제n 노이즈가 제거된 뇌파신호,

$\overline{A_n}$ 는 제n 혼합행렬,

$\overline{S_n}$ 는 n단계별 독립성분 추정

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 뇌파 노이즈 제거 장치는, 평균 잡음 감산 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호에 포함된 MR 그레디언트 노이즈를 제거하는 제1 노이즈 제거 모듈을 더 포함하는, 뇌파 노이즈 제거 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 뇌파 노이즈 제거 장치에 관한 것으로, 특히 평균 잡음 감산 기법과 독립 성분 분석 기법을 이용하여 동시 EEG(electroencephalography)-fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging) 계측 방법을 이용하여 측정된 뇌파 신호에 포함된 노이즈를 제거할 수 있는 뇌파 노이즈 제거 장치 및 뇌파 노이즈 제거 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 뇌 신호 및 영상을 비침습적(non-invasive)으로 계측하는 방법으로, EEG 장치, fMRI 장치 뿐만 아니라, MEG(magnetoencephalography, 뇌자도) 장치, PET(positron emission tomography, 양전자 단층촬영) 장치, fNIRS(functional Near-Infrared spectroscopy, 근적외선분광학) 장치 등과 같은 다양한 측정 장비들이 있다. 하지만, 각 장비마다 공간적/시간적 해상도에서 장단점을 가지고 있다. 따라서, 각 장비의 단점들을 보완하기 위한 방법으로 동시 EEG-fMRI 계측 방법 또는 동시 EEG-fNIRS 계측 방법과 같은 다방법 복합형(multimodality)를 이용한 방법들이 사용되고 있다.

[0004] EEG 장치는 두피에 부착된 전극을 통해 전기적 뇌파활동을 계측하는 장치로 시간적 해상도가 뛰어나 실시간으로 발생되는 뇌반응을 측정하는데 유용한 장비이다. 하지만, 전극으로부터 측정되는 신호는 수많은 뇌신경세포 신호들의 합이기 때문에 정확한 위치에 신호를 파악하는데 어려움이 있다. 반면에, fMRI 장치는 뇌기능 활성 부위에서의 국소적인 혈류량의 증가에 따른 혈중산소농도(blood-oxygenation-lever-dependent; BOLD) 신호를 계측하기 때문에 EEG 장치에 비해 공간적 해상도가 뛰어나지만, 시간적 해상도는 EEG 장치에 비해 떨어지는 단점을 갖는다. 따라서 동시 EEG-fMRI 계측 방법은 뇌에서 발생하는 뇌파 신호와 BOLD 신호를 동시에 측정해 각 장비의 시간적/공간적 장점을 활용할 수 있으며 신뢰도 있는 뇌기능 영역 및 특징을 추정할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 동시 EEG-fMRI 계측 기법을 통하여 측정된 뇌파 신호에 포함된 노이즈를 효과적으로 제거할 수 있는 뇌파 노이즈 제거 장치 및 뇌파 노이즈 제거 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시 예에 따른 뇌파 노이즈 제거 방법은, (a) 뇌파(electroencephalography; EEG) 신호를 수신하는 단계, (c) 독립 성분 분석(Independent Component Analysis; ICA) 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하는 단계, 및 (d) 추출된 독립 성분으로부터 제k 노이즈($2 \leq k \leq n+1$)를 제거하는 단계를 포함하고, 상기 (c) 단계와 상기 (d) 단계는 n(n은 2 이상의 자연수)회 반복 수행된다.

[0009] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 뇌파 노이즈 제거 장치는, fMRI 신호와 동시 측정된 뇌파 신호를 수신하는 신호 수신 모듈, 독립 성분 분석 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호로부터 독립 성분들을 추출하는 독립 성분 분석을 n(n은 2 이상의 자연수)회 수행하는 독립 성분 추출 모듈, 및 추출된 독립 성분들로부터 제k 노이즈($2 \leq k \leq n+1$)를 제거하는 제2 노이즈 제거 모듈을 포함한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 실시 예에 따른 뇌파 노이즈 제거 장치는 독립 성분 분석 기법을 복수회 반복 수행하여 동시 EEG-fMRI 계측 기법을 통하여 측정된 뇌파 신호에 포함된 노이즈를 제거할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 뇌파 노이즈 제거 장치를 도시한다.

도 2는 도 1에 도시된 뇌파 노이즈 제거 장치를 이용한 뇌파 노이즈 제거 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0015] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0016] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[0017] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0018] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0020] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 뇌파 노이즈 제거 장치를 도시한다.

[0023] 도 1을 참조하면, 뇌파 노이즈 제거 장치(10)는 복수의 채널들을 통하여 뇌파(EEG) 신호를 수신하고, 상기 뇌파 신호에 포함된 노이즈를 제거할 수 있다. 이때, 상기 뇌파 신호는 뇌파 측정 장치로부터 수신될 수 있다. 이때, 상기 뇌파 신호는 동시 EEG-fMRI 계측 방법을 통하여 fMRI 신호와 동시에 측정된 신호일 수 있으나, 본 발명의 권리범위가 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 뇌파 노이즈 제거 장치(10)는 상기 뇌파 측정 장치의 일부 구성으로 구현될 수도 있다.

[0024] 뇌파 노이즈 제거 장치(10)는 신호 수신 모듈(100), 제1 노이즈 제거 모듈(200), 독립 성분 추출 모듈(300), 제2 노이즈 제거 모듈(400) 및 제어 모듈(500)을 포함한다.

[0025] 신호 수신 모듈(100)은 제어 모듈(600)의 제어 하에, 뇌파를 측정할 수 있는 뇌파 측정 장치로부터 출력되는 뇌파 신호를 수신한다. 또한, 신호 수신 모듈(100)은 심전도(electrocardiogram; ECG) 신호를 측정할 수 있는 심전도 측정 장치로부터 출력되는 심전도 신호를 수신할 수도 있다. 실시 예에 따라, 상기 심전도 신호는 상기 뇌파 측정 장치에 의하여 측정되어 신호 수신 모듈(100)로 송신될 수도 있다.

[0026] 제1 노이즈 제거 모듈(200)은 제어 모듈(500)의 제어 하에, 뇌파 신호에 포함된 제1 노이즈를 제거할 수 있다. 구체적으로, 제1 노이즈 제거 모듈(200)은 평균 잡음 감산(average artifact subtration; AAS) 기법을 이용하

여, 상기 뇌파 신호에 포함된 제1 노이즈, 예컨대 MR(magnetic resonance) 그레디언트(gradient) 노이즈를 제거할 수 있다. 상기 평균 잡음 감산 기법은 동시 EEG-fMRI 계측 분야에서 상기 MR 그레디언트 노이즈를 제거하기 위해 널리 사용되는 간편하고 효과적인 방법으로 알려져 있다.

[0027] fMRI 신호를 측정하는 MRI 장치는 뇌영상 볼륨(volume) 또는 볼륨의 슬라이스(slice)를 획득하기 위해 강한 자기장의 변화를 생성한다. 이와 같은 자기장의 변화로 인하여 동시 EEG-fMRI 계측 중에 MR 그레디언트 신호가 뇌파 신호에 영향을 주게 되어, 생체 신호보다 현저하게 큰 신호로 계측되게 된다. 상기 평균 잡음 감산 기법은 볼륨 또는 슬라이스마다 변화하는 MR 그레디언트의 강한 재현성(reproducibility)의 특징을 바탕으로, 각 볼륨 또는 슬라이스에 기반한 특정 구간의 평균값을 추정하고 측정된 뇌파 신호로부터 MR 그레디언트 노이즈를 포함하고 있는 신호를 감산함으로써, 상기 뇌파 신호에 포함된 MR 그레디언트 노이즈를 제거하는 기법이다.

[0028] 독립 성분 추출 모듈(300)은 제어 모듈(600)의 제어 하에, 독립 성분 분석 기법(ICA)을 이용하여 노이즈가 제거된 뇌파 신호로부터 복수의 독립 성분들을 추출할 수 있다. 상기 독립 성분 분석 기법은 뇌파 연구 분야에서 널리 사용되고 있는 방법으로서, 각 채널에서 계측된 전기적 신호들이 뇌파의 신호원들과 선형 관계에 있다는 가정을 전제한다. 독립 성분 추출 모듈(300)은 신호원들에 해당하는 독립 성분들을 추정하기 위해 독립 성분들 간 상호정보(mutual information)가 최소화되도록하는 비혼합 행렬(unmixing matrix)을 생성할 수 있다. 이와 같은 과정을 통하여 뇌파 신호로부터 독립 성분들이 추출될 수 있다.

[0029] 구체적으로, 독립 성분 추출 모듈(300)는 제1 노이즈, 예컨대 MR 그레디언트가 노이즈가 제거된 뇌파 신호(X)를 입력 데이터로 사용한다. 이때, 독립 성분 분석 기법은 아래의 수학식 1과 같이 입력 데이터(X)를 신호원(S)과 혼합 행렬(A)의 선형 관계로 가정한다.

수학식 1

[0030] $$X = A \cdot S$$

[0031] 또한, 독립 성분 추출 모듈(300)은 입력 데이터(X)로부터 제1 독립 성분들을 추출하기 위해, 데이터 출력(비혼합 행렬과 입력 데이터의 내적)들 간의 상호 정보량을 최소화하는 비혼합 행렬(W)을 생성할 수 있다. 독립 성분 추출 모듈(300)에 의해 생성된 비혼합 행렬(W)은 혼합 행렬(A)과 역행렬 관계에 있다. 상기 제1 독립 성분들은 아래의 수학식 2와 같이 생성된 비혼합행렬(W)과 입력 데이터(X)의 내적을 통하여 추출될 수 있다.

수학식 2

[0032] $$W \cdot X \cong S, W^{-1} \cong A$$

[0033] 또한, 독립 성분 추출 모듈(300)은 제2 노이즈가 제거된 뇌파 신호($\hat{X}$)로부터 제2 독립 성분들을 추출할 수 있다. 상기 제2 독립 성분들을 추출하는 과정은 제1 독립 성분들을 추출하는 과정과 동일하므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0034] 이와 같이, 독립 성분 추출 모듈(300)은 독립 성분 분석을 n(n은 2 이상의 자연수)회 반복 수행할 수 있다.

[0035] 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 제어 모듈(600)의 제어 하에, 독립 성분 추출 모듈(300)에 의해 추출된 독립 성분들로부터 노이즈를 제거할 수 있다. 구체적으로, 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 제1 독립 성분들로부터 제2 노이즈를 제거할 수 있고, 제2 독립 성분들로부터 제3 노이즈를 제거할 수 있다. 즉, 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 제n 독립 성분들로부터 제n+1 노이즈를 제거할 수 있다.

[0036] 상기 제2 노이즈는 눈동자 움직임 노이즈와 저주파수(low frequency)에 많은 영향을 주는 노이즈로서, 예컨대 심탄도 노이즈 중 적어도 하나를 의미할 수 있다. 이때, 상기 저주파수는 0.8Hz 내지 1.2Hz 에 속하는 주파수일 수 있다.

[0037] 제2 노이즈 제거 모듈(400)이 상기 심탄도 노이즈를 제거하고자 하는 경우, ECG(electrocardiogram) 신호를 활

용할 수 있다. 즉, 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 추출된 독립 성분들 간의 상호 정보를 계산하여 다른 성분들보다 상대적으로 큰 상호 정보의 값을 기반으로 상기 심탄도 노이즈를 제거할 수 있다.

[0038] 제2 노이즈 제거 모듈(400)이 눈동자 움직임 노이즈를 제거하고자 하는 경우, 뇌지형도(brain topography)가 활용될 수 있으며, 눈주변에 강한 활성화를 보이는 성분들을 기준으로 제거할 수 있다. 이때, 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 생성된 비혼합 행렬(W)로부터 추정된 혼합 행렬(A)의 성분들 중 노이즈와 관련된 성분에 해당하는 열의 값을 0으로 치환하여 제2 혼합 행렬($\hat{A}$)을 생성하고, 아래의 수학식 3을 이용하여 제2 노이즈가 제거된 뇌파 신호($\hat{X}$)를 추정할 수 있다.

수학식 3

[0039] $$\hat{X} = \hat{A} \cdot S$$

[0040] 또한, 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 제2 노이즈가 제거된 뇌파 신호($\hat{X}$)로부터 제3 노이즈를 제거할 수 있다. 상기 제3 노이즈는 잔여 MR 그레디언트 노이즈일 수 있다.

[0041] 동시 EEG-fMRI 계측 동안에 측정된 뇌파 신호는 측정 대상, 즉 인체의 작은 움직임에도 민감하게 반응하기 때문에 상기 측정 대상이 움직이는 구간마다의 MR 그레디언트 잡음은 다른 성질을 띄게 된다. 이에 따라, MR 그레디언트의 강한 재현성의 특징을 이용한 평균 잡음 감산 기법은 잔여 MR 그레디언트 노이즈를 남기게 된다. 상기 잔여 MR 그레디언트 노이즈의 주파수는 총 획득된 슬라이스 갯수/한 볼륨 획득 시간(Repetition Time; TR)을 이용하여 용이하게 판단할 수 있다.

[0042] 제어 모듈(500)은 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 전반적인 동작을 제어한다. 즉, 제어 모듈(500)은 신호 수신 모듈(100), 제1 노이즈 제거 모듈(200), 독립 성분 추출 모듈(300) 및 제2 노이즈 제거 모듈(400)의 동작을 제어할 수 있다.

[0043] 상술한 바와 같이, 본 발명은 반복된 독립 성분 분석 기법을 통하여, 단계별로 노이즈를 제거할 수 있으며, 아래의 수학식 4를 이용하여 각 n(n은 2 이상의 자연수) 단계별로 새로운 독립 성분 추정($\overline{S_n}$)을 통해 일회의 독립 성분 분석 기법을 적용하는 기존의 방법에 비하여 MR 그레디언트 노이즈, 심탄도 노이즈, 및 눈동자 움직임 노이즈 등의 잔여 노이즈까지 효과적으로 제거할 수 있다.

수학식 4

[0044] $$\overline{X_n} = \overline{A_n} \bullet \overline{S_n}, \ (n > 2)$$

[0045] 도 1에 도시된 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 구성들 각각은 기능 및 논리적으로 분리될 수 있음으로 나타내는 것이며, 반드시 각각의 구성이 별도의 물리적 장치로 구분되거나 별도의 코드로 작성됨을 의미하는 것이 아님을 본 발명의 기술분야의 평균적 전문가는 용이하게 추론할 수 있을 것이다.

[0046] 또한, 본 명세서에서 모듈이라 함은, 본 발명의 기술적 사상을 수행하기 위한 하드웨어 및 상기 하드웨어를 구동하기 위한 소프트웨어의 기능적, 구조적 결합을 의미할 수 있다. 예컨대, 상기 모듈은 소정의 코드와 상기 소정의 코드가 수행되기 위한 하드웨어 리소스의 논리적인 단위를 의미할 수 있으며, 반드시 물리적으로 연결된 코드를 의미하거나, 한 종류의 하드웨어를 의미하는 것이 아니다.

[0048] 도 2는 도 1에 도시된 뇌파 노이즈 제거 장치를 이용한 뇌파 노이즈 제거 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0049] 도 1과 도 2를 참조하면, 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 신호 수신 모듈(100)은 뇌파를 측정할 수 있는 뇌파 측정 장치로부터 출력되는 뇌파 신호를 수신한다(S110). 이때, 신호 수신 모듈(100)은 심전도(ECG) 신호를 측정할 수 있는 심전도 측정 장치 또는 상기 뇌파 측정 장치로부터 출력되는 심전도 신호를 수신할 수도 있다.

[0050] 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 제1 노이즈 제거 모듈(200)은 평균 잡음 감산 기법을 이용하여, 상기 뇌파 신호에 포함된 제1 노이즈, 예컨대 MR 그레디언트 노이즈를 제거할 수 있다(S130).

[0051] 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 독립 성분 추출 모듈(300)은 독립 성분 분석 기법을 이용하여 제1 노이즈가 제거된 뇌파 신호로부터 복수의 제1 독립 성분들을 추출할 수 있다(S150).

[0052] 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 추출된 제1 독립 성분들로부터 제2 노이즈를 제거할 수 있다(S170). 상기 제2 노이즈는 저주파수에 많은 영향을 주는 노이즈로서, 예컨대 심탄도 노이즈 및 눈동자 움직임 노이즈 중 적어도 하나를 의미할 수 있다.

[0053] 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 독립 성분 추출 모듈(300)은 상기 독립 성분 분석 기법을 이용하여 상기 제2 노이즈가 제거된 뇌파 신호로부터 제k 독립 성분들($2 \leq k \leq n$)을 추출할 수 있다(S180).

[0054] 뇌파 노이즈 제거 장치(10)의 제2 노이즈 제거 모듈(400)은 추출된 제k 독립 성분들로부터 제k+1 노이즈를 제거할 수 있다(S190). 상기 제k+1 노이즈는 잔여 MR 그레디언트 노이즈일 수 있다.

[0055] 또한, 상기 S180단계와 상기 S190단계가 k의 값이 n이 될때까지 반복적으로 수행됨에 따라, 단계별로 노이즈를 제거할 수 있다. 즉, 추가적인 노이즈 제거의 필요성이 있는지 여부에 따라, 노이즈 제거 동작을 종료하거나 추가적인 독립 성분 추출 동작 및 추가적인 노이즈 제거 동작이 수행될 수 있다.

[0056] 이상에서는 독립 성분 분석을 n회 실시하여 총 n+1회에 걸쳐 노이즈를 제거하는 방법이 기술되었으며, 이때 n은 2 이상의 자연수일 수 있다.

[0057] 이와 같이, 독립 성분 분석을 반복적으로 수행함으로써, 단계별로 노이즈 제거가 가능해지며, 각 단계별로 새로운 독립 성분들을 추출할 수 있다. 따라서, 본발명에 의할 경우, 종래 1회의 독립 성분 분석에 의한 노이즈 제거 방법에 비하여 MR 그레디언트 노이즈, 심탄도 노이즈, 눈동자 움직임 노이즈, 움직임 노이즈 등의 잔여 노이즈까지 효과적으로 제거할 수 있다.

[0059] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0061] 10 : 뇌파 노이즈 제거 장치

100 : 신호 수신 모듈

200 : 제1 노이즈 제거 모듈

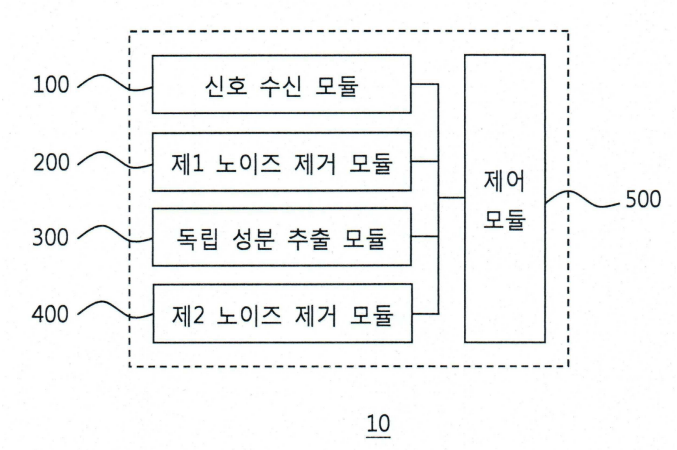
300 : 독립 성분 추출 모듈

400 : 제2 노이즈 제거 모듈

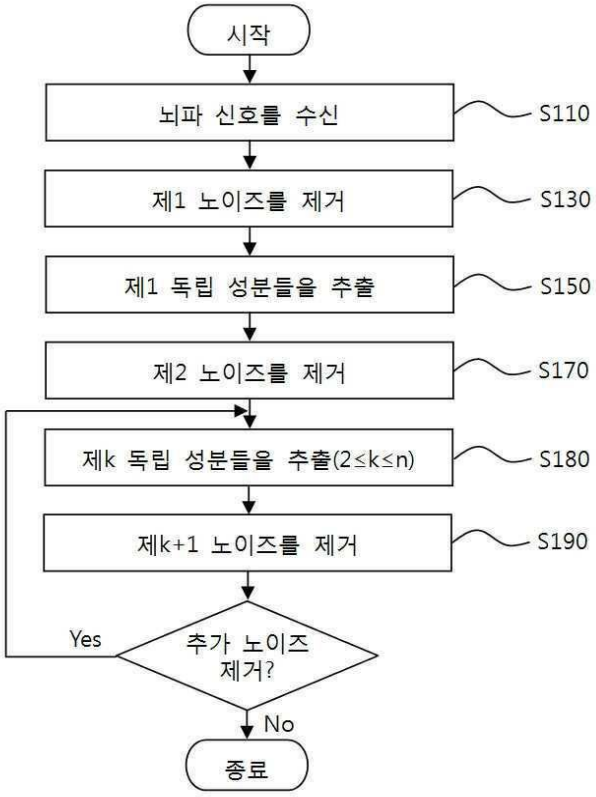
500 : 제어 모듈

도면

도면1


100
신호 수신 모듈
200
제1 노이즈 제거 모듈
300
독립 성분 추출 모듈
400
제2 노이즈 제거 모듈
제어 모듈
500
10

도면2


시작
뇌파 신호를 수신
S110
제1 노이즈를 제거
S130
제1 독립 성분들을 추출
S150
제2 노이즈를 제거
S170
제k 독립 성분들을 추출(2≤k≤n)
S180
제k+1 노이즈를 제거
S190
추가 노이즈 제거?
Yes
No
종료