



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월19일
(11) 등록번호 10-1641024
(24) 등록일자 2016년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/726 (2013.01)
A61B 5/02416 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0095577
(22) 출원일자 2015년07월03일
심사청구일자 2015년07월03일
(56) 선행기술조사문헌
KR101514151 B1
KR101033472 B1
JP2001137204 A
KR1020050017254 A

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
권성오
울산광역시 남구 문수로 409번길 20, 104동 301호
(신정동, 문수로아이파크)
반다희
울산광역시 중구 내황3길 37 (반구동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

기술이전 희망 : 기술양도

전체 청구항 수 : 총 11 항

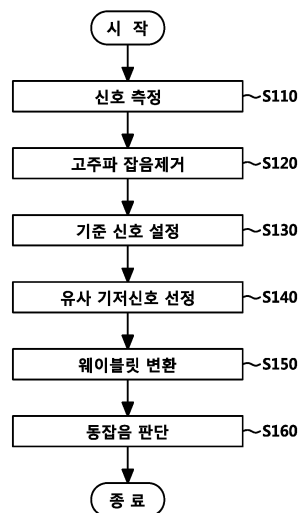
심사관 : 조형희

(54) 발명의 명칭 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법

(57) 요약

본 발명은 웨이블릿 변환을 이용하여 생체신호 중 하나인 PPG 신호에 동잡음이 포함되어있는지를 판단할 수 있는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법에 관한 것으로 PPG 신호를 측정하는 단계; 상기 측정된 PPG 신호에서 고주파 잡음을 제거한 신호를 생성하는 단계; 상기 고주파 잡음을 제거한 신호에서 기준신호를 설정하는 단계; 상기 설정된 기준신호를 바탕으로 기저신호를 선정하는 단계; 상기 기저신호를 이용하여 웨이블릿 변환하는 단계; 및 상기 웨이블릿 변환된 값을 이용하여 동잡음을 판단하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

A61B 5/7203 (2013.01)

A61B 5/7221 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711024465

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원

연구과제명 에너지 효율적인 복합 무선 네트워크를 위한 알고리즘 및 최적화 방안 연구

기 여 율 1/1

주관기관 울산대학교

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

PPG 신호를 측정하는 단계;
 상기 측정된 PPG 신호에서 고주파 잡음을 제거한 신호를 생성하는 단계;
 상기 고주파 잡음을 제거한 신호에서 기준신호를 설정하는 단계;
 상기 설정된 기준신호를 바탕으로 기저신호를 선정하는 단계;
 상기 기저신호를 이용하여 웨이블릿 변환하는 단계; 및
 상기 웨이블릿 변환된 값을 이용하여 동잡음을 판단하는 단계;
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 고주파 잡음을 제거한 신호를 생성하는 단계는 FIR 필터를 사용하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 기준신호는 미리 정해진 시간 경과 후의 첫 번째 주기를 선정하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 기저신호를 선정하는 단계는 이산 웨이블릿 변환이 가능한 복수의 기저함수와 기준신호에 상호상관 기법을 적용하여 각 상호상관 기법의 최대값 수치를 비교하여 가장 큰 값을 기저신호로 선정하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 기저신호를 이용하여 웨이블릿 변환하는 단계는 저주파 대역의 주파수가 0~4Hz의 주파수 대역을 가지도록 웨이블릿 변환을 반복하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 웨이블릿 변환은 저주파 대역의 주파수가 2^{a-1} 이하를 만족하는 가장 작은 $a-3$ 의 횟수만큼 반복하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 동잡음을 판단하는 단계는 검출된 신호 주기가 미리 정해진 값 이하인 경우 동잡음이 포함된 것으로 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 동잡음을 판단하는 단계는 미리 정해진 주파수 대역의 주기별 파워를 합산한 값이 기준신호의 일정 배수 이상인지를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 일정 배수는 1.4 내지 1.6인 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 미리 정해진 주파수 대역은 32 내지 64Hz인 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 동잡음을 판단하는 단계는 검출된 신호 주기가 미리 정해진 값 이하인 경우 동잡음이 포함된 것으로 판단하는 단계와, 미리 정해진 주파수 대역의 주기별 파워를 합산한 값이 기준신호의 일정 배수 이상인지를 판단하는 단계 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 웨이블릿 변환을 이용하여 생체신호 중 하나인 PPG 신호에 동잡음이 포함되어있는지를 판단할 수 있는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 각종 질병의 발병률이 높아지면서 현대인들의 건강과 각종 질병을 예방하는 방법에 대한 관심이 증가하고

있다. 몸의 질병의 유무를 판단하거나, 질병을 치료하는 여러 의료기기 또한 발달하여 간단한 방법으로도 질병을 확인할 수 있다. 하지만 이러한 방법들은 직접 병원에서 검사를 받아야 하고, 사회인들은 병원에 가는 것보다 실시간으로 스스로의 몸 상태를 점검할 수 있는 방식을 추구하여 최근에는 시간과 공간의 제한없이 의료 서비스를 제공받을 수 있도록 하는 유비쿼터스(Ubiquitous)와 원격으로 기술을 활용한 건강관리 서비스인 U-healthcare 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 측정 가능한 생체신호에는 EEG(Electroencephalography), ECG(Electrocardiography), EMG(Electromyography), PPG(Photoplethysmography, 광용적맥파, 광혈류측정이라고도 함), EOG(Electrooculography) 등 종류가 다양하다.

[0004] 여러 생체신호 처리에 있어서 측정 및 모니터링하기 간편한 신호는 PPG이다. EEG와 ECG의 경우 두피와 흉부에 전극을 붙여서 측정해야 하며 측정시 움직임이 매우 제한되는데 비해, PPG는 손가락이나 귓볼, 발가락과 같은 신체 말단 부위에 부착하여 사용하는 하나의 센서를 이용하기 때문에 ECG나 EEG에 비해 상대적으로 사용자의 움직임을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 측정환경 자체의 잡음과 사용자의 움직임으로 인하여 신호가 왜곡되기 쉽다는 문제점 때문에 신호처리시에 이러한 잡음이 포함되었는지를 판단하는 과정이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2010-0008239호(2010년01월25일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 주기와 웨이블릿 변환을 이용하여 생체신호 중 하나인 PPG 신호에 동잡음이 포함되었는지 여부를 판단하는 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 웨이블릿 변환을 이용하여 생체신호 중 하나인 PPG 신호에 동잡음이 포함되었는지를 판단할 수 있는 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법에 있어서 PPG 신호를 측정하는 단계; 상기 측정된 PPG 신호에서 고주파 잡음을 제거한 신호를 생성하는 단계; 상기 고주파 잡음을 제거한 신호에서 기준신호를 설정하는 단계; 상기 설정된 기준신호를 바탕으로 기저신호를 선정하는 단계; 상기 기저신호를 이용하여 웨이블릿 변환하는 단계; 및 상기 웨이블릿 변환된 값을 이용하여 동잡음을 판단하는 단계;를 포함한다.

[0008] 이와 같은 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법에서 상기 고주파 잡음을 제거한 신호를 생성하는 단계는 FIR 필터를 사용하고, 상기 기준신호는 미리 정해진 시간 경과 후의 첫 번째 주기를 선정하며, 상기 기저신호를 이용하여 웨이블릿 변환하는 단계는 저주파 대역의 주파수가 0~4Hz의 주파수 대역을 가지도록 웨이블릿 변환을 반복한다.

[0009] 또한 상기 동잡음을 판단하는 단계는 검출된 신호 주기가 미리 정해진 값 이하인 경우 동잡음이 포함된 것으로 판단하는 단계와, 미리 정해진 주파수 대역의 주기별 파워를 합산한 값이 기준신호의 일정 배수 이상인지를 판단하는 단계 중 적어도 하나를 포함하며, 상기 일정 배수는 1.5배수이고 상기 미리 정해진 주파수 대역은 32 내지 64Hz이다.

발명의 효과

[0010] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 웨이블릿 변환을 이용한 동잡음 판단 방법에 의하면, 생체신호 중 하나인 PPG 신호에 동잡음이 포함되었는지를 효과적으로 판단할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 PPG 센서를 통하여 검출되는 PPG 신호를 나타내는 신호 그래프이다.
- 도 2는 고주파잡음 및 동잡음이 포함된 PPG 신호를 나타내는 신호 그래프이다.
- 도 3은 본 발명에 따라 원 신호를 웨이블릿 변환하여 분해하는 과정을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 따라 PPG 신호에 동잡음이 포함되었는지의 여부를 판단하는 방법의 단계를 나타내는 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명에 따라 웨이블릿 변환 횟수를 결정하는 단계를 나타내는 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명에 따라 동잡음을 판단하는 방법의 단계를 나타내는 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명에 따라 동잡음의 판단 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명에 따라 주기의 사용 여부에 따른 동잡음 판단 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명에 따라 웨이블릿 변환 여부에 따른 동잡음 판단 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0013] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0014] 도 1은 PPG 센서를 통하여 검출되는 PPG 신호를 나타내는 신호 그래프이다. 일반적으로 PPG 신호의 주기를 이용하여 심박수를 검출하고, 주기를 검출할 때 사용하는 값은 PPI(Peak to Peak Interval)로 이는 한 주기 신호의 최대치와 다음 주기 신호의 최대치까지의 시간 간격을 의미한다. 이에 따라 PPG 신호의 PPI를 이용하여 심박수를 알 수 있다. 일반적으로 사람은 1분에 약 70회 정도의 심박수를 갖고 있지만 신체활동이나 외부 자극에 의해서 심박수는 변화될 수 있다. 외부 자극을 받아 신체가 긴장된 경우에는 심박수가 증가하여 PPI가 작아지고, 이완된 상태에서는 심박수가 감소하여 PPI가 증가한다. 이와 같은 PPI의 변화로 측정자의 심리상태를 파악하거나 질병의 유무를 판단할 수 있다.
- [0015] 도 2는 고주파잡음 및 동잡음이 포함된 PPG 신호를 나타내는 신호 그래프이다. PPG 신호에 고주파 잡음이 포함되는 경우에는 도 2(a)와 같이 신호의 왜곡이 발생한다. 고주파 잡음은 신호 자체에는 큰 변화를 주지 않지만, PPI를 검출시 방해요인이 되므로 제거되어야 한다. 일반적인 PPG 신호는 0~4Hz의 주파수 대역에서 활성화되지만 고주파잡음은 이보다 큰 주파수 대역에서 활성화되므로 저역통과필터를 이용하여 제거할 수 있다.
- [0016] PPG 신호에 동잡음이 포함된 경우에는 도 2(b)와 같이 신호의 원형을 알아볼 수 없을 만큼 심각한 왜곡이 발생한다. 이러한 동잡음은 다양한 주파수 대역에서 발생하며, PPG 신호가 활성화되는 0~4Hz의 주파수 대역에도 영향을 주기 때문에 단순한 필터로 제거할 수 없다. 동잡음은 PPI, 즉 신호의 한 주기를 검출할 때에 심각한 방해요인이 되므로 동잡음을 해결하기 위한 신호처리 기법이 요구된다.
- [0017] 도 3은 본 발명에 따라 원 신호를 웨이블릿 변환하여 분해하는 과정을 나타내는 도면이다. 이산 웨이블릿 변환에서 원 신호(S)는 저역통과필터를 통과한 신호와 고역통과필터를 통과한 신호의 합으로 나타낼 수 있다. 원 신호는 저역통과필터와 고역통과필터를 통과 후 고역통과필터로부터 상세계수(Detail coefficients, $D[n]$)와 저역통과필터로부터 근사계수(Approximation coefficients, $A[n]$)가 출력된다. 각각의 출력은 원 신호의 절반의 주파수 대역을 갖는다. 원 신호는 나누어진 상세계수와 근사계수의 합으로 나타나며 하기의 식으로 나타낼 수 있다.
- [0018]
$$S[n]=A[n]+D[n] \dots \text{수학식(1)}$$
- [0019] 웨이블릿 변환을 시행할 때마다 주파수 대역은 2개의 대역으로 분할되며, 낮은 주파수 대역 성분이 $A[n]$, 높은 주파수 대역 성분이 $D[n]$ 이다.
- [0020] 이와 같이 저역통과 필터를 통과한 신호 $A[n]$ 를 반복해서 웨이블릿 변환하는 경우 도 3과 같은 형태로 신호가 분리되며 6차 웨이블릿 변환한 후의 신호는 하기의 식으로 나타낼 수 있다.

- [0021] $S=D1+D2+D3+D4+D5+D6+A6 \dots$ 수학적식(2)
- [0022] 도 4는 본 발명에 따라 PPG 신호에 동잡음이 포함되었는지의 여부를 판단하는 방법의 단계를 나타내는 흐름도이다. 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 PPG 신호에 동잡음 포함 여부의 판단방법은 PPG 신호를 측정하는 단계(S110)와, 고주파 잡음을 제거하는 단계(S120)와, 기준신호를 설정하는 단계(S130)와, 유사 기저신호를 선정하는 단계(S140)와, 기저신호를 이용하여 웨이블릿 변환하는 단계(S150)와, 변환된 값을 이용하여 동잡음을 판단하는 단계(S160)를 포함한다.
- [0023] 처음으로 알고리즘을 적용하기 위해 신호를 측정할 때에 사용자가 안정된 상태에서 일정시간 동안 움직임 없이 PPG 신호를 측정(S110)한다. 이때 측정된 신호를 이용하여 이후 웨이블릿 변환시 사용할 기저신호를 결정하므로 최대한 잡음이 포함되지 않는 환경에서 측정한다. 신호 측정시 사용자가 PPG 센서를 부착할 신체 말단부위를 결정하며, 일반적으로 많이 측정되는 부위는 손가락이다. 측정부위 결정시, 질병에 의한 혈류변화가 잦은 신체 말단부위는 신호 측정에 있어서 질병에 의해 신호가 왜곡되므로 최대한 질병의 영향이 작은 부위를 채택하여 신호를 측정하는 것이 바람직하다.
- [0024] 이와 같이 신체 말단부위에서 신호 측정시, 측정된 맥파 신호에는 사용자의 움직임에 의한 동잡음뿐만 아니라 물리적, 기계적인 특성에 의하여 잡음이 포함되게 된다. 이러한 특성에 의한 잡음은 일반적으로 고주파 영역에 포함되며 PPG 신호의 주기검출에 이용되는 PPI 검출시 방해요인이 되기 때문에 제거되어야 한다.
- [0025] 고주파 잡음을 제거하는 단계(S120)에서는 저역통과 필터(Low Pass Filter: LPF)를 이용하여 고주파 대역의 신호 잡음을 제거할 수 있다.
- [0026] PPG 신호측정단계(S110)에서 측정한 PPG 신호에 기계적, 물리적 특성에 의한 고주파 대역의 신호잡음이 존재한다. 이 고주파 대역의 신호잡음은 PPG 신호의 주기 검출에 있어 방해요인이 되므로 저역통과 필터를 사용하여 고주파 잡음을 제거한다. 이후 웨이블릿 변환시 FIR(Finite Impulse Response)필터를 기반으로 한 FWT(Fast Wavelet Transform), 즉 이산 웨이블릿 변환을 사용하므로 적당한 FIR 필터를 이용하여 고주파 잡음을 제거한다. FIR 필터는 이동평균필터, 바틀렛필터, 해닝필터, 해밍필터 등 다양한 필터가 사용될 수 있으며, 본 발명에서는 이 중 가장 큰 최소 저지 대역 감쇠를 갖는 해밍필터를 사용하였으나 이에 대해 한정하는 것은 아니다. 발명의 실시예에서 차단주파수는 6Hz로 설정하였으나 이에 대해 한정하는 것은 아니다.
- [0027] 다음으로 고주파 잡음이 제거된 신호에서 웨이블릿 변환시 사용할 기저신호를 설정하기 위해 기준신호를 설정(S130)한다. 기준신호는 사용자가 안정된 상태에서 측정되어야하며 측정시 움직임이 없어야 한다. 이러한 조건에서 신호를 측정하여도 센서의 특성상 초기에는 사용자의 일반적인 맥파의 크기보다 작은 신호가 검출되며 진폭과 크기가 고르지 않다. 따라서 측정 초기의 신호는 기준신호로 사용할 수 없기 때문에, 일정시간이 지난 후의 정상적인 신호를 이용하여 기준신호를 설정한다. 이때 일반적인 PPG 신호의 주기가 0.6~1.2초 정도의 주기를 갖기 때문에 약 3주기에 해당하는 3초의 시간이 지난 후의 첫 번째 주기를 기준신호로 설정할 수 있다. PPG 신호는 사람마다 다른 특성과 형태를 가지며 측정 부위에 따라서도 다른 형태를 가진다. 이러한 각 사용자의 맥파 특성을 반영한 기준신호를 선정하고 이를 바탕으로 웨이블릿 변환 기저신호를 결정하므로 동잡음을 판단하기에 용이하다.
- [0028] 다음으로 S130의 단계에서 설정된 사용자의 기준신호를 이용하여 웨이블릿 변환시 사용될 기저신호를 설정(S140)한다. 이때 기저신호는 사용자의 기준신호, 기저함수와 상호상관 기법을 이용하여 여러 기저함수 중 가장 유사한 함수를 채택한다. 웨이블릿 변환에 사용되는 여러 기저함수가 있는데 이 중 스케일링 함수가 존재하고 FWT에 적합하도록 FIR필터를 적용할 수 있으며, 이산 웨이블릿 변환이 가능한 기저함수인 'Harr(harr)', 'Daubechies(dbN)', 'Symlets(symN)', 'Coiflets(coifN)', 'Biothogonal wavelets(biorN)', 'Reverse biothogonal wavelets(rbioN)', 'Discrete approximation of Meyer wavelet(dmey)'를 채택하여 이 기저함수들과 기준신호를 상호 상관기법을 이용하여 비교한다. 비교된 상기 7개의 기저함수 중 기준신호와 가장 유사한 기저함수를 이후 사용할 웨이블릿 변환 모함수로 설정한다. 기준신호와 가장 유사한 기저함수를 선택함에 있어서, 7개의 기저함수와 기준신호에 상호상관 기법을 적용하여 각 상호상관 기법의 최대값의 수치를 비교하여 가장 큰 값을 기저신호로 선정한다. 유사한 정도를 수치화 하는 것은 matlab의 cross-correlation 함수를 이용하여 상호상관 기법의 결과값을 찾고, max 함수를 이용하여 가장 큰 값을 알아낸 후 7개의 기저신호 각각의 최대값에 해당하는 7개의 값 중에서 최대값을 다시 측정하는 방식으로 기저신호를 결정한다.
- [0029] 다음으로 S140에서 설정된 기저함수를 이용하여 웨이블릿 변환(S150)을 수행한다. 웨이블릿 변환을 한번 수행할 때마다 신호는 $approximation(A[n])$ 부분과 $detail(D[n])$ 부분으로 나뉘는데 $A[n]$ 은 낮은 주파수 대역이며,

D[n]은 높은 주파수 대역을 나타낸다. 이때 A[n]이 0~4Hz의 주파수 대역을 가지도록 웨이블릿 변환을 반복한다. 이와 같이 반복하는 이유는 일반적인 심박이 4Hz 미만이기 때문이며, 한 주기를 쉽게 검출하기 위해서 4Hz 미만의 구간을 포함하도록 변환단계를 설정한다. 일반적으로 변환단계 결정시 샘플링 주파수를 이용하며, 웨이블릿 변환 횟수 결정 방식은 도 5를 이용하여 설명한다.

[0030] 도 5는 본 발명에 따라 웨이블릿 변환 횟수를 결정하는 단계를 나타내는 흐름도이다. a의 초기값은 1이고 (S151), S152의 단계에서 $f_s \leq 2^{a-1}$ 을 만족하는지를 판단한다. 이를 만족하지 않는 경우, a의 값에 1을 더하여 (S153), S152의 단계를 반복한다.

[0031] f_s 는 샘플링 주파수이고 $f_s \leq 2^{a-1}$ 을 만족하는 가장 작은 a-3가 반복되어야 할 변환 횟수이다. $f_s \leq 2^{a-1}$ 을 만족하는 가장 작은 a-3의 횟수만큼 A[n]를 웨이블릿 변환한다(S154). 웨이블릿 변환에 의해 고주파영역과 저주파영역으로 분할되므로 상대적인 기준에 의해 A[n] 및 D[n]으로 나뉘게 된다.

[0032] 본 발명의 실시예에서는 A[n]에 대해 웨이블릿 변환을 실시하였으나 이에 대해 한정하는 것은 아니며, 어떠한 부분을 변환하는지에 따라 A[n] 및 D[n]의 값이 변할 수 있고 웨이블릿 변환에 있어서 A[n]을 지속적으로 분할하는 것뿐만 아니라 D[n]을 변환대상으로 설정하여 분할할 수도 있다.

[0033] 구체적으로, 원하는 대역을 얻기 위해서 1회 분할 시 A[n] 및 D[n] 중 어떤 신호를 선택하여 분할할지를 결정할 수 있다. 예를 들어, (32-48) 주파수 대역의 신호를 얻고 싶은 경우, 1회의 변환으로 (0-128), (128-256), 2회의 변환으로 (0-64), (64-128), (128-256)(A[n] 변환), 3회의 변환으로 (0-32), (32-64), (64-128), (128-256)(A[n] 변환), 4회의 변환으로 (0-32), (32-48), (48-64), (64-128), (128-256)(D[n] 변환)와 같이 주파수가 분할되므로 원하는 주파수 대역신호를 얻을 수 있다. 이와 같이 웨이블릿 변환을 1회 수행할 때마다 어떤 신호를 선택하여 분할할 것인지를 선택할 수 있으며, 웨이블릿 변환을 수행할 때마다 신호가 A[n] 및 D[n]으로 나뉘게 된다.

[0034] 본 발명의 실시예에서 사용한 신호의 샘플링 주파수는 256Hz이므로 6차 변환한 A[n]이 0~4Hz인 구간을 포함한다. 표 1은 원 신호를 도 3의 방식으로 웨이블릿 변환한 신호의 주파수 분포이다.

표 1

n	1	2	3	4	5	6	7
A[n]	0-128	0-64	0-32	0-16	0-8	0-4	0-2
D[n]	128-256	64-128	32-64	16-32	8-16	4-8	2-4

[0036] 상기의 수학적식(2)에서와 같이 D[1]+D[2]+D[3]+D[4]+D[5]+D[6]+A[6]의 총합은 원래의 샘플링 주파수 신호가 됨을 알 수 있다.

[0037] 다음으로 심박이 활성화되는 구간을 이용하여 사용자 맥파의 한 주기를 검출하고, 그 주기를 이용하여 검출된 신호에 동잡음이 포함되었는지 여부를 판단한다(S160). 동잡음의 포함여부를 판단하는 방법은 도 6을 이용하여 설명한다.

[0038] 도 6은 본 발명에 따라 동잡음을 판단하는 방법의 단계를 나타내는 흐름도이다. 심박이 활성화되는 구간을 이용하여 한 주기를 검출할 때에 신호의 PPI를 이용하여 신호주기를 검출(S161)한다. 동잡음이 포함되지 않은 경우는 일정한 간격으로 PPI가 나타나지만 동잡음이 포함되는 경우는 PPI가 달라진다. 일반적인 심박은 0.8초 정도이고, 동잡음이 발생한 구간은 그 주기가 0.3~1.6초로 급격하게 변화한다. 따라서 주기가 0.3초보다 작은지를 판단하여(S162), 작은 경우는 동잡음이 포함되었다고 판단한다(S166). S162의 단계에서 판단 기준이 되는 주기는 0.3초로 설정되었으나 상황에 따라 다르게 설정될 수 있다.

[0039] 동잡음을 판단할 때 심박에 의한 영향이 있지만 그 정도가 다른 주파수 대역에 비해 작고, 동잡음이 심박에 비해 영향이 큰 주파수 대역을 이용한다. 이러한 주파수 대역에 해당하는 부분은 약 32~64Hz에 해당하는 부분이다. 심박의 주기는 평균 0.8초 정도이고, 만약 이 주파수 대역의 성분 값이 크게 나타난다면 그 신호에 동잡음이 포함되었다고 판단한다. 동잡음을 판단할 때 각 주기의 신호와 기준신호의 32~64Hz 주파수 대역의 신호의 파워를 합산(S163)한 후 비교하여 각 주기의 신호가 기준신호의 일정 배수 이상인지를 판단(S164)하여 일정배수 이상이면 그 주기에 동잡음이 포함되었다고 판단하고(S166), 미만이면 정상신호로 판단한다(S165). 기준신호의 일정 배수 이상인지를 판단하는 과정에서 상기 배수는 1.4 내지 1.6, 바람직하게는 1.5로 설정될 수 있

다.

- [0040] 도 7은 본 발명에 따라 동잡음의 판단 결과를 나타내는 그래프이다. 동잡음을 발생시킨 PPG 신호는 도 7(a)에서 PPI가 짧은 세 군데에서 확인할 수 있다. 동잡음 판단을 위해서 기준신호를 설정하고 기저함수를 설정한 후에 0~4Hz 범위의 A[n] 구간과 32~64Hz의 주파수 범위를 갖는 D[n] 구간이 나타나도록 웨이블릿 변환하고 해당 D[n] 구간의 각 주기의 파워가 기준 신호의 해당 구간의 파워의 1.5배 이상이 되는 주기를 동잡음이 발생한 주기로 판단하였다. 신호 측정 초기의 신호로 기준신호를 설정하기 때문에 기준신호의 진폭이 충분히 커지지 않을 수 있고, 사용자가 움직이지 않아도 감정의 변화나 긴장과 같은 심리적인 이유로 심박의 변화가 있을 수 있기 때문에 충분한 오차범위를 1.5배로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0041] 실제 실험 결과 1.2배를 기준으로 동잡음을 판단한 경우에는 동잡음 뿐만 아니라 정상신호 또한 동잡음으로 판단하는 경우가 발생하였고, 1.7배를 기준으로 판단한 경우에는 동잡음을 정상적으로 구별하지 못하는 경우가 발생하였기 때문에 가장 적절한 1.5배를 기준으로 실험을 진행하였다.
- [0042] 도 7(b)는 0~4Hz 구간, 7(c)는 32~64Hz 구간, 7(d)는 각 주기의 32~64Hz 구간의 파워를 한 주기의 시작부터 다음 주기까지 차례로 더한 결과이다. 도 7(c)에 도시된 바와 같이 정상적인 맥파인 경우에 D[n]부분의 파워가 매우 작게 나타나고, 동잡음이 포함된 경우에는 큰 값을 나타내는 것을 볼 수 있다.
- [0043] 도 7(d)의 값을 이용하여 동잡음 포함여부를 판단한 결과, 도 7(e)에 도시된 바와 같이 실제로 동잡음이 존재한다고 판단한 경우에는 0을 해당 주기 동안 출력하고 동잡음이 포함되지 않았다고 판단한 경우에는 1을 해당 주기 동안 출력한 것으로, 동잡음이 포함되면 이를 정확하게 판단하고 있음을 확인할 수 있다.
- [0044] 도 8은 본 발명에 따라 주기의 사용 여부에 따른 동잡음 판단 결과를 나타내는 그래프이다. 주기를 이용하지 않고 신호를 분석한 결과 도 8(a)와 같이 동잡음이 포함되었음에도 동잡음이 포함되지 않았다고 판단하는 오류가 발생하였다. 이는 신호에 잡음이 포함되었지만 측정된 주기가 기준신호의 주기보다 짧아 해당 주기 동안 누적된 잡음의 크기가 기준신호보다 크지 않아서 발생하는 오류이다. 도 8(b)는 주기를 이용한 동잡음 판단 실험 결과로, 신호의 주기가 0.3 이하인 경우 동잡음이 포함되었다는 알고리즘을 추가한 결과 신호의 동잡음 포함 여부를 정확히 판단하고 있음을 확인할 수 있다. 이에 따라 도 6의 S162에서와 같이 일정 범위 이하의 주기를 갖는 신호에 대해서는 동잡음이 포함된 것으로 판단(S166)하는 과정을 포함시키는 것이 바람직하다.
- [0045] 도 9는 본 발명에 따라 웨이블릿 변환 여부에 따른 동잡음 판단 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0046] 주기만을 이용하여 동잡음을 판단하게 되면 도 9(a)와 같이 동잡음이 포함되었지만 일정한 간격으로 최고점이 나타나는 경우 동잡음의 포함여부를 정확히 판단하지 못하였지만, 도 9(b)와 같이 주기와 웨이블릿 변환 모두를 사용한 경우 주기만을 이용한 결과보다 동잡음을 정확히 판단하였으며, 20% 시간 동안 동잡음이 포함된 신호에서 동잡음을 판단한 경우, 주기만을 이용한 실험은 16.31%의 시간 동안 동잡음이 포함되었다고 판단하였고, 주기와 웨이블릿 변환을 모두 사용한 실험은 20.88%의 시간 동안 동잡음이 포함되었다고 판단하였다. 즉, 주기와 웨이블릿 변환을 모두 사용한 경우 동잡음을 상대적으로 더 정확하게 판단하였음을 확인할 수 있다.
- [0047] 사용자의 기준신호와 유사한 기저신호를 사용하여 신호를 다양한 주파수 대역으로 분리하고, 특정 주파수 대역의 신호를 이용하여 측정된 맥파신호에 동잡음이 포함되었는지 여부를 판단한 결과는 하기의 표 2와 같다.

표 2

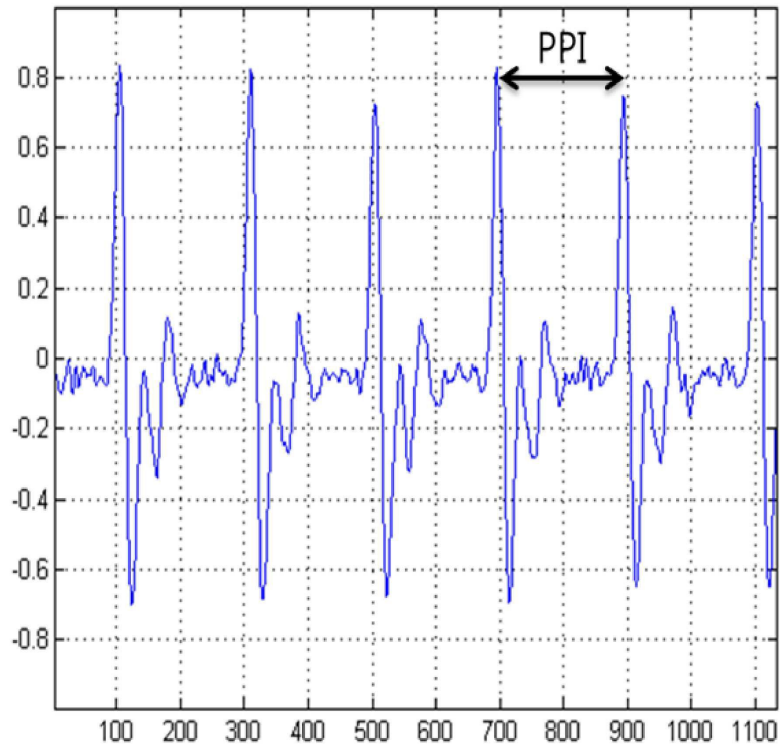
[0048]	실험자 A	실험자 B	실험자 C	실험자 D
20%	20.18	19.82	22.56	21.95
30%	29.95	30.46	31.67	31.24

- [0049] 신호 전체 측정 시간 중 각각 20% 및 30%의 시간 동안 실험자가 임의로 잡음을 포함시켰다. 정확한 20%가 아닌 오차가 실험결과에 존재하지만, 이는 잡음이 포함된 한 주기를 모두 잡음이 포함되었다고 판단하기 때문에 발생하는 오차로 한 주기의 처음이나 끝부분에 동잡음이 포함된 경우 오차가 발생한다. 이러한 오차는 측정시간이 길어질수록 상대적으로 영향이 줄어든다. 실험자 A와 실험자 B의 실험결과는 200초 동안 측정된 결과이고, 실험자 C와 D는 100초 동안 측정한 결과로써, 측정시간이 길어질수록 오차가 감소함을 확인할 수 있다.
- [0050] 상기의 과정에 의해 다양한 주파수 대역에서 발생하는 동잡음이 신호에 포함되었는지를 확인할 수 있다.
- [0051] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시 예에 관한 것이

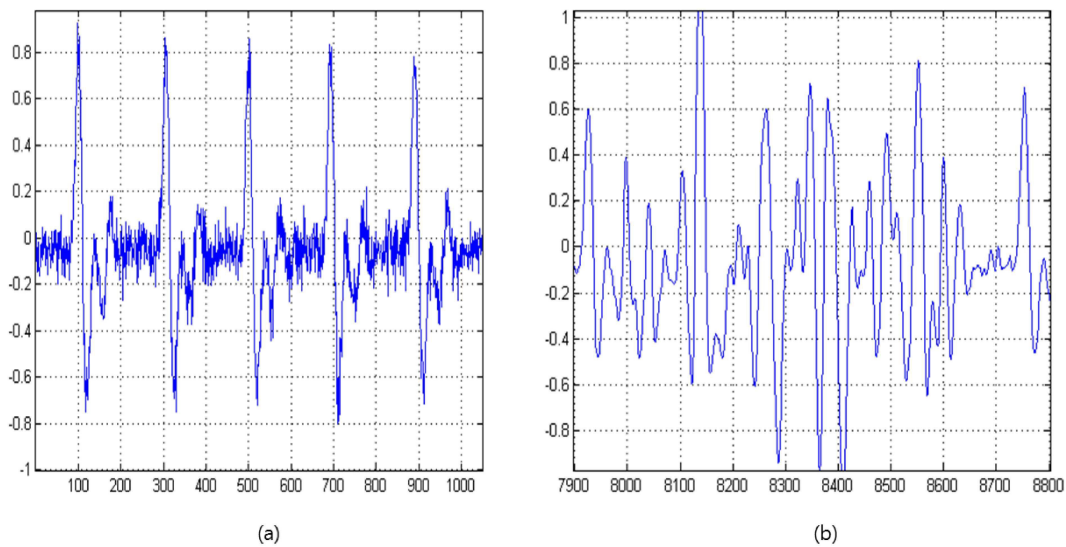
고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

도면

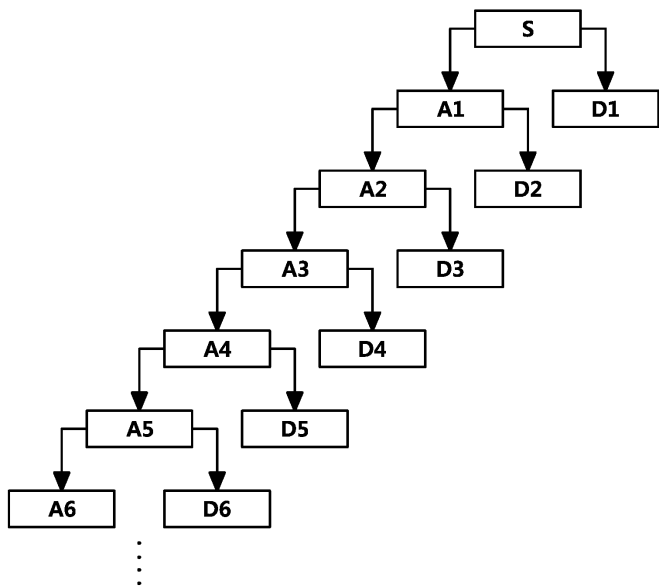
도면1



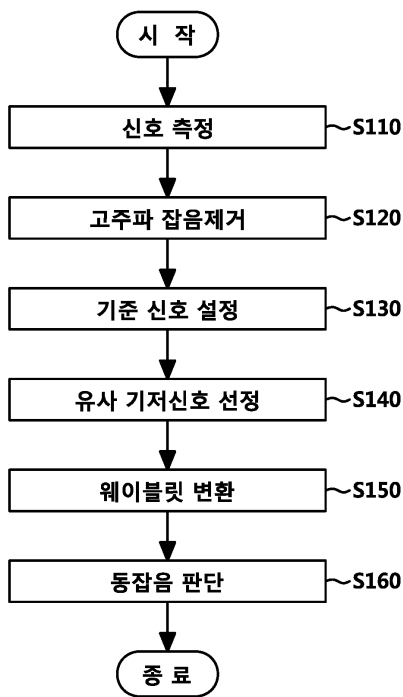
도면2



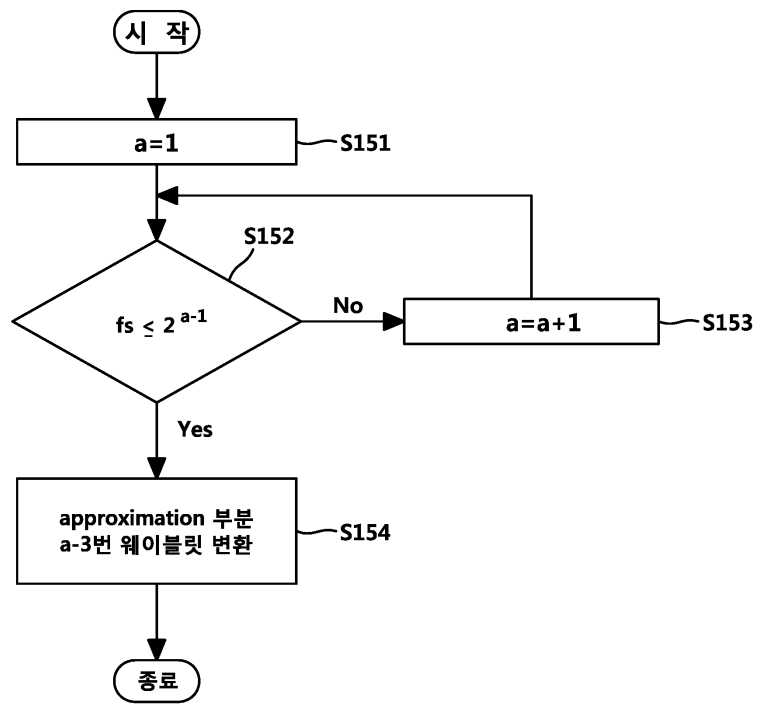
도면3



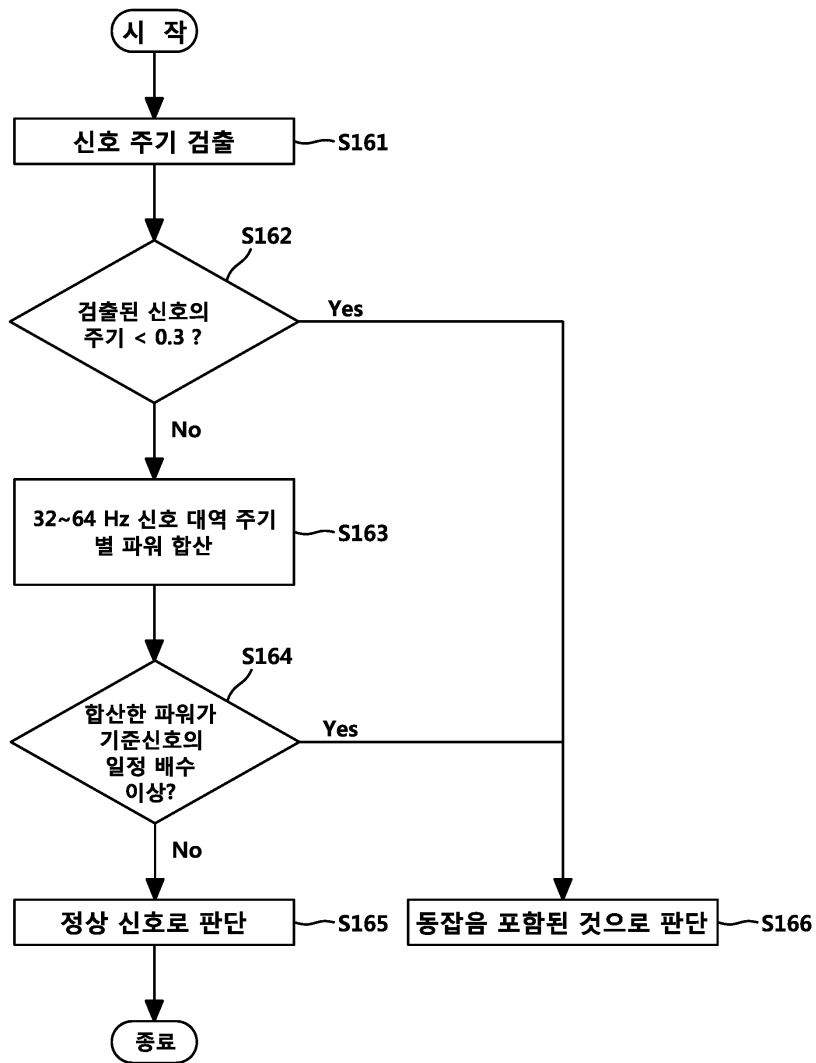
도면4



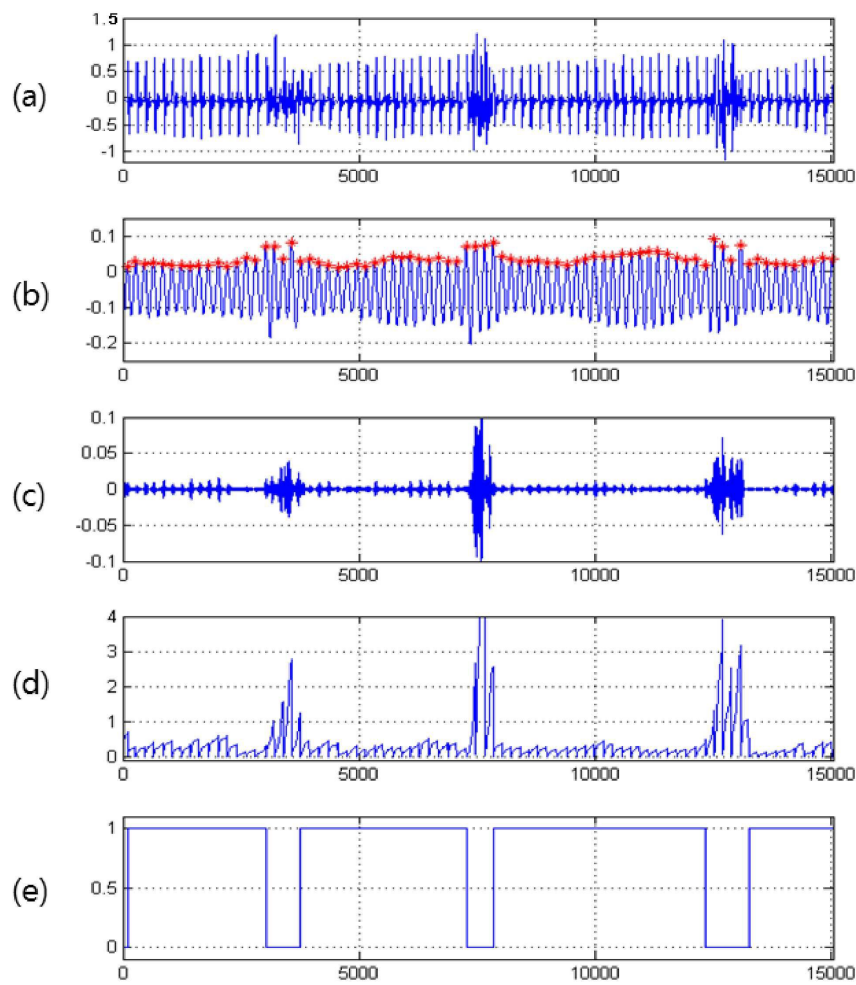
도면5



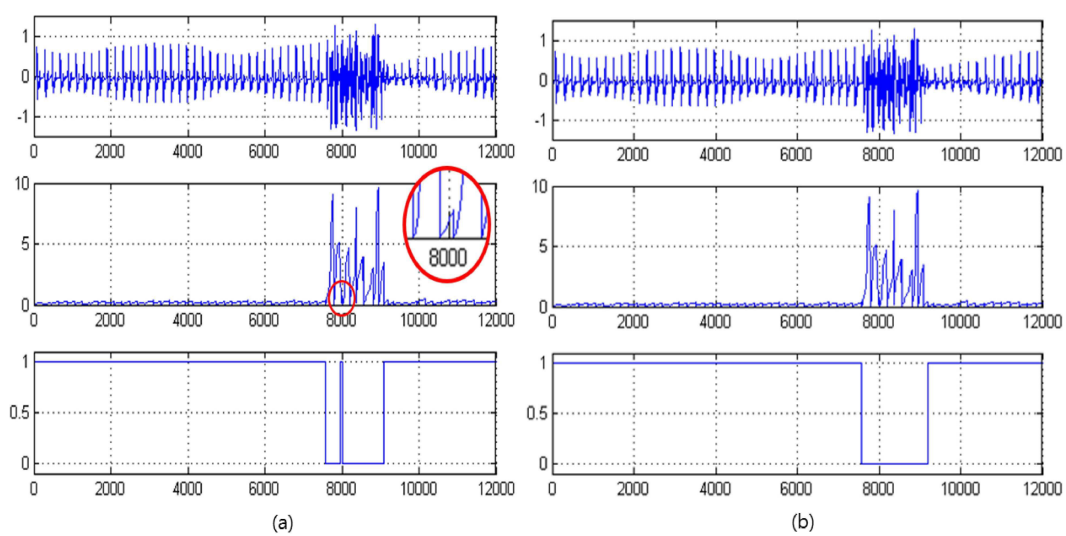
도면6



도면7



도면8



도면9

