



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년08월03일  
 (11) 등록번호 10-1645212  
 (24) 등록일자 2016년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 A61B 5/0452 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)  
 A61B 5/01 (2006.01) A61B 5/024 (2006.01)  
 A61B 5/04 (2006.01) A61B 5/0456 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0132690  
 (22) 출원일자 2014년10월01일  
 심사청구일자 2014년10월01일  
 (65) 공개번호 10-2016-0039506  
 (43) 공개일자 2016년04월11일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US20100280331 A1\*  
 US20140180027 A1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 서울대학교 산학협력단  
 서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)  
 (72) 발명자  
 박광석  
 서울특별시 서초구 사임당로19길 6, 201-303(서초동, 서초현대아파트)  
 심수영  
 서울특별시 용산구 한강대로43길 8, 101-803(한강로2가, 벽산메가트리움아파트)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 이정연

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 유창용

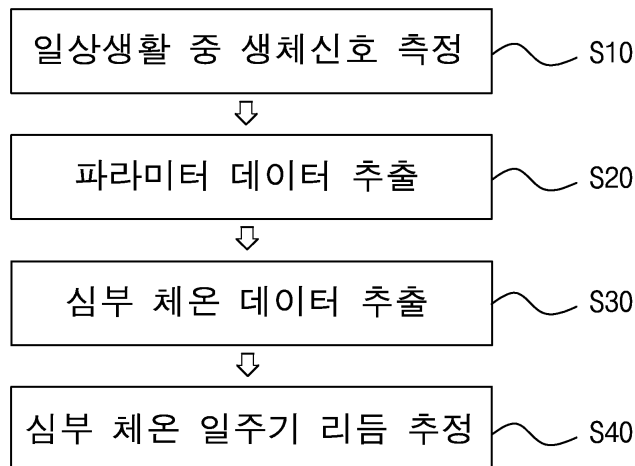
(54) 발명의 명칭 **일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 인체의 건강을 평가하는데 반드시 필요한 생체 신호 중 하나인 심부 체온을 일상 생활 중에 비침습 및 무구속적으로 모니터링 하고, 그로부터 다양한 건강정보를 추출할 수 있는 심부 체온의 일주기 리듬을 획득할 수 있는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 생체신호를 측정하는 단계; 상기 측정된 생체신호로부터 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 추출하는 단계; 상기 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출하는 단계; 및 상기 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 단계;를 포함할 수 있다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**김희찬**

서울특별시 용산구 이촌로87길 21, 103-601(이촌동, 이촌아파트)

**노승우**

부산광역시 사하구 다대로 473, 115동 603호(다대동, 현대아파트)

**윤희남**

경기도 용인시 수지구 정평로 61, 504-200(풍덕천동, 신정마을)

**유호석**

경기도 용인시 수지구 수지로113번길 15, 203-1704(성북동, 성동마을LG빌리지2차아파트)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

일상생활 중 연속적으로 ECG 신호를 측정하는 단계;

상기 측정된 ECG(Electrocardiogram) 신호로부터 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 추출하는 단계;

상기 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출하는 단계; 및

상기 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 단계;를 포함하고,

일상생활 중 상기 ECG 신호 외에 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호를 연속적으로 더 측정하고,

상기 파라미터 데이터 추출단계는,

상기 측정된 ECG 신호로부터 MHR(Mean Hear Rate) 데이터, nMHR(normalized Mean Heart Rate) 데이터, nLF(normalized Low Frequency) 데이터, nHF(normalized High Frequency) 데이터, LF/HF ratio 데이터 중 적어도 어느 하나의 데이터를 소정시간당 추출하고,

상기 측정된 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호로부터 호흡 데이터, 피부체온 데이터, 움직임 신호 데이터를 소정시간당 추출하고,

상기 심부 체온 추정 알고리즘은 다음 식으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법.

$$CT_t = a_1 + a_2 * MHR_t + a_3 * nMHR_t + a_4 * nLF_t + a_5 * nHF_t + a_6 * LF/HF\ ratio_t + a_7 * Respiration\ rate_t + a_8 * Temperature_t + a_9 * Movement_t$$

(단,  $CT_t$ : 소정시간당 추정된 심부 체온,  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$ : 모델파라미터,  $MHR_t$ : 소정시간당 추출된 MHR 데이터,  $nMHR_t$ : 소정시간당 추출된 MHR 데이터 각각을 정규화한 nMHR 데이터,  $nLF_t$ : 소정시간당 측정된 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 LF 데이터 각각을 정규화한 nLF 데이터,  $nHF_t$ : 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 HF 데이터 각각을 정규화한 nHF 데이터,  $LF/HF\ ratio_t$ : 소정시간당 추출된 LF/HF ratio 데이터,  $Respiration\ rate_t$ : 상기 측정된 호흡 신호로부터 소정시간당 추출된 파라미터 데이터,  $Temperature_t$ : 상기 측정된 피부체온 신호로부터 소정시간당 추출된 데이터,  $Movement_t$ : 상기 측정된 움직임 신호로부터 소정시간당 추출된 파라미터 데이터)

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터 데이터 추출 단계는,

상기 측정된 ECG 신호로부터 단위시간당 심박수(heart rate)를 산출하여 심박수 데이터를 추출하는 단계;

상기 추출된 심박수 데이터로부터 소정시간당 평균심박수(MHR:Mean Heart Rate)를 산출하여 MHR(Mean Heart Rate) 데이터를 추출하는 단계; 및

상기 추출된 각각의 MHR 데이터를 정규화하여 상기 nMHR 데이터를 추출하는 단계;를 포함하고,

상기 각각의 MHR 데이터 정규화는 다음 식에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법.

$$nMHR = [MHR - \min(MHR)] / [\max(MHR) - \min(MHR)]$$

(단,  $\min(MHR)$ : 상기 추출된 MHR 데이터 중 최소값,  $\max(MHR)$ : 상기 추출된 MHR 데이터 중 최대값)

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터 데이터 추출 단계는,

상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 nLF(normalized Low Frequency)를 산출하여 nLF 데이터를 추출하는 단계;를 포함하고,

상기 nLF는 다음 식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법.

$$nLF = LF / (\text{Total Power} - VLF)$$

(단, LF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 Low Frequency power, Total Power: 소정시간당 ECG 신호 중 0 ~ 0.4 Hz 대역의 total power, VLF: 0 ~ 0.04 Hz 대역의 Very Low Frequency power)

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터 데이터 추출 단계는,

상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 nHF(normalized High Frequency)를 산출하여 nHF 데이터를 추출하는 단계;를 포함하고,

상기 nHF는 다음 식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법.

$$nHF = HF / (\text{Total Power} - VLF)$$

(단, HF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 High Frequency power, Total Power: 소정시간당 ECG 신호 중 0 ~ 0.4 Hz 대역의 total power, VLF: 0 ~ 0.04 Hz 대역의 Very Low Frequency power)

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio)를 산출하여 LF/HF ratio 데이터를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법.

(단, LF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 Low Frequency power, HF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 High Frequency power)

#### 청구항 8

제 1 항, 제 3 항, 제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 심부 체온 추정 알고리즘은 회귀 분석, 칼만 필터, 파티클 필터, 은닉마르코프 모델 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법.

#### 청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 연속적, 비침습 및 무구속적으로 측정이 가능한 다양한 생체 신호들을 이용하여 일상 생활 중 심부 체온을 추정하고, 추정된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 종래의 심부 체온 측정 방법은 중환자실에서 주로 사용되는 항문 체온계나 식도 체온계를 이용하여 측정하는 방법, 적외선 체온계나 겨드랑이 체온계를 이용하여 측정하는 방법, 적외선 카메라를 이용하여 장기간의 체온을 모니터링하여 측정하는 방법 등이 있다.

[0003] 항문 체온계나 식도 체온계를 이용하여 측정하는 방법은 센서를 직접 체내에 삽입하므로 매우 침습적이기 때문에 의식 있는 사람의 장기간 심부 체온 모니터링에 적합하지 않으며 항문천공 등의 위험이 있으며, 또한 일회용 센서를 이용해야 하므로 경제적이지 않다는 문제가 있다.

[0004] 적외선 체온계나 겨드랑이 체온계를 이용하여 측정하는 방법은 측정시간이 짧은다는 장점은 있으나 피측정자의 활동을 구속하므로 장기간의 심부 체온 모니터링에 적합하지 않으며, 심부 체온 측정을 위해 간호사가 일정 주기로 환자를 방문해 심부 체온을 측정하고 수동적으로 심부 체온을 기록하여야 하기 때문에 심부 체온을 자동적으로 모니터링 하기에는 한계가 있다.

[0005] 적외선 카메라를 이용하여 장기간의 체온을 모니터링하여 측정하는 방법은 외부 환경에 따라 심부 체온을 제대로 반영하지 못하는 문제가 있다.

[0006] 따라서, 최근에는 비침습적이고 무구속적으로 측정이 가능한 다양한 생체신호들과 심부 체온 추정 모델을 이용하여 심부 체온을 추정하는 방법에 관한 연구가 이루어지고 있다.

[0007] 그러나, 수면 관련 질환의 진단 및 치료, 생리 주기 진단 및 예측, 업무 효율성 증대, 가축의 질병 평가 등에 유용하게 활용할 수 있는 일상생활 중의 심부 체온의 일주기 리듬을 추정하는 방법에 관한 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0008] (특허문헌 0001) US 2010/0280331 A1 (2010. 11. 4. 공개)

(특허문헌 0002) US 2014/0180027 A1 (2014. 6. 26. 공개)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 일상생활 중 연속적, 비침습 및 무구속적으로 측정 가능한 다양한 생체 신호들을 이용하여 심부 체온

과 심부 체온의 일주기 리듬을 추정하는 방법을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 연속적으로 ECG(Electrocardiogram) 신호를 측정하는 단계; 상기 측정된 ECG 신호로부터 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 추출하는 단계; 상기 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정 시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출하는 단계; 및 상기 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 파라미터 데이터는 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 산출되어 추출된 nMHR(normalized Mean Heart Rate) 데이터일 수 있다.
- [0012] 이 경우, 상기 파라미터 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 단위시간당 심박수(heart rate)를 산출하여 심박수 데이터를 추출하는 단계; 상기 추출된 심박수 데이터로부터 소정시간당 평균심박수(MHR:Mean Heart Rate)를 산출하여 MHR(Mean Heart Rate) 데이터를 추출하는 단계; 및 상기 추출된 각각의 MHR 데이터를 정규화하여 상기 nMHR 데이터를 추출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0013] 여기서, 상기 각각의 MHR 데이터 정규화는 다음 식에 의해 이루어질 수 있다.
- [0014] 
$$nMHR = [MHR - \min(MHR)] / [\max(MHR) - \min(MHR)]$$
- [0015] (단,  $\min(MHR)$ : 상기 추출된 MHR 데이터 중 최소값,  $\max(MHR)$ : 상기 추출된 MHR 데이터 중 최대값)
- [0016] 또한, 상기 파라미터 데이터는 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 산출되어 추출된 심박수 변이도(HRV:Heart Rate Variability) 데이터일 수 있다.
- [0017] 바람직하게, 상기 심박수 변이도 데이터는 nLF(normalized Low Frequency) 데이터, nHF(normalized High Frequency) 데이터, LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio) 데이터 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 파라미터 데이터가 nLF(normalized Low Frequency) 데이터인 경우에, 상기 파라미터 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 nLF(normalized Low Frequency)를 산출하여 nLF 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 여기서, 상기 nLF는 다음 식에 의해 계산될 수 있다.
- [0020] 
$$nLF = LF / (Total\ Power - VLF)$$
- [0021] (단, LF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 Low Frequency power, Total Power: 소정시간당 ECG 신호 중 0 ~ 0.4 Hz 대역의 total power, VLF: 0 ~ 0.04 Hz 대역의 Very Low Frequency power)
- [0022] 또한, 상기 파라미터 데이터가 nHF(normalized High Frequency) 데이터인 경우에, 상기 파라미터 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 nHF(normalized High Frequency)를 산출하여 nHF 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 여기서, 상기 nHF는 다음 식에 의해 계산될 수 있다.
- [0024] 
$$nHF = HF / (Total\ Power - VLF)$$
- [0025] (단, HF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 High Frequency power, Total Power: 소정시간당 ECG 신호 중 0 ~ 0.4 Hz 대역의 total power, VLF: 0 ~ 0.04 Hz 대역의 Very Low Frequency power)
- [0026] 또한, 상기 파라미터 데이터가 LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio) 데이터인 경우에, 상기 파라미터 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio)를 산출하여 LF/HF ratio 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 여기서, LF는 소정시간당 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 Low Frequency power이고, HF는 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 High Frequency power이다.
- [0028] 한편, 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법에 있어서, 상기 심부 체온 추정 알고리즘

은 회귀 분석, 칼만 필터, 파티클 필터, 은닉마르코프 모델 중 어느 하나일 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 상기 ECG 신호 외에 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호를 연속적으로 더 측정할 수 있다.

[0030] 이 경우, 상기 파라미터 데이터 추출단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 MHR(Mean Hear Rate) 데이터, nMHR(normalized Mean Heart Rate) 데이터, nLF(normalized Low Frequency) 데이터, nHF(normalized High Frequency) 데이터, LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio) 데이터 중 적어도 어느 하나의 데이터를 소정시간당 추출하고, 상기 측정된 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호로부터 호흡 데이터, 피부체온 데이터, 움직임 신호 데이터를 소정시간당 추출할 수 있다.

[0031] 여기서, 상기 심부 체온 추정 알고리즘은 다음 식으로 이루어질 수 있다.

[0032]  $CT_t = a_1 + a_2 * MHR_t + a_3 * nMHR_t + a_4 * nLF_t + a_5 * nHF_t + a_6 * LF/HF \text{ ratio}_t + a_7 * \text{Respiration rate}_t + a_8 * \text{Temperature}_t + a_9 * \text{Movement}_t$

[0033] (단,  $CT_t$ : 소정시간당 추정된 심부 체온,  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$ : 모델파라미터,  $MHR_t$ : 소정시간당 추출된 MHR 데이터,  $nMHR_t$ : 소정시간당 추출된 MHR 데이터 각각을 정규화한 nMHR 데이터,  $nLF_t$ : 소정시간당 측정된 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 LF 데이터 각각을 정규화한 nLF 데이터,  $nHF_t$ : 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 HF 데이터 각각을 정규화한 nHF 데이터,  $LF/HF \text{ ratio}_t$ : 소정시간당 추출된 LF/HF ratio 데이터,  $\text{Respiration rate}_t$ : 상기 측정된 호흡 신호로부터 소정시간당 추출된 파라미터 데이터,  $\text{Temperature}_t$ : 상기 측정된 피부체온 신호로부터 소정시간당 추출된 데이터,  $\text{Movement}_t$ : 상기 측정된 움직임 신호로부터 소정시간당 추출된 파라미터 데이터)

[0034] 한편, 다른 측면에서의 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 생체신호를 측정하는 단계; 상기 측정된 생체신호로부터 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 추출하는 단계; 상기 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출하는 단계; 및 상기 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0035] 여기서, 상기 생체신호는 ECG 신호 외에 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호를 더 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0036] 본 발명에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 비침습 및 무구속적인 방법으로 측정이 이루어지기 때문에, 사용자가 스스로 쉽게 그리고 연속적이고 자동적으로 다양한 건강정보를 추출할 수 있는 심부 체온의 일주기 리듬을 획득할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법을 나타내는 도면이고,  
 도 2는 본 실시 예에서 파라미터를 MHR, nMHR, nLF, nHF, LF/HF ratio의 각 파라미터와 심부 체온 간의 상관관계를 나타내는 그래프이고,  
 도 3은 도 2의 파라미터를 이용하여 심부 체온을 추정한 결과를 나타내는 도표이고,  
 도 4는 MHR 파라미터를 이용하여 심부 체온 일주기 리듬을 추정한 경우와, nMHR 파라미터를 이용하여 심부 체온 일주기 리듬을 추정한 경우를 나타내는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0038] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시

예들을 참조하면 명확해질 것이다.

- [0039] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0040] 또한, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다.
- [0041] 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 이외의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0042] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다.
- [0043] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법을 나타내는 도면이다.
- [0044] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 생체신호 측정 단계(S10), 파라미터 데이터 추출 단계(S20), 심부 체온 데이터 추출 단계(S30), 심부 체온 일주기 리듬 추정 단계(S40)를 포함할 수 있다.
- [0045] 이하, 각 단계에 대하여 상세히 설명한다.
- [0046] 1. 일상생활 중 다양한 생체 신호 측정
- [0047] 생체신호 측정 단계(S10)는 일상생활 중 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 다양한 생체신호를 측정하는 단계이다.
- [0048] 상기 생체신호는 심장활동 모니터링을 통한 ECG 신호 외에 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호를 더 포함할 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 일상생활 중 ECG monitoring module을 통해 ECG 신호를, Respiration monitoring module을 통해 호흡 신호를, Skin temperature sensor를 통해 피부체온을, 3-axis Accelerometer를 통해 움직임 신호를 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 모니터링하여 측정할 수 있다.
- [0050] 2. 파라미터 데이터 추출
- [0051] 파라미터 데이터 추출 단계(S20)는 생체신호 측정 단계(S10)에서 측정된 생체신호로부터 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 추출하는 단계이다.
- [0052] 심부 체온을 추정을 위한 파라미터 데이터는 ECG monitoring module에서 일상생활 중 연속적으로 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 산출되어 추출된 MHR(Mean Heart Rate) 데이터, nMHR(normalized Mean Heart Rate) 데이터, 심박수 변이도(HRV:Heart Rate Variability) 데이터 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0053] 또한, 상기 심박수 변이도 데이터는 nLF(normalized Low Frequency) 데이터, nHF(normalized High Frequency) 데이터, LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio) 데이터 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0054] 또한, 생체신호 측정 단계(S10)에서 ECG 신호 외에 호흡, 피부체온, 움직임 신호 중 적어도 어느 하나의 신호를 더 측정하는 경우에, 상기 파라미터 데이터는 Respiration monitoring module에서 일상생활 중 연속적으로 측정된 호흡신호로부터 소정시간당 추출된 respiratory frequency 데이터 및 respiratory frequency variability 데이터, Skin temperature sensor에서 일상생활 중 연속적으로 측정된 피부체온 신호로부터 소정시간당 추출된 피부체온 데이터, 3-axis Accelerometer에서 일상생활 중 연속적으로 측정된 움직임 신호로부터 소정시간당 추출된 움직임 강도 데이터(ex. IAA:Integrals of the absolute value of accelerometer output from all the 3 measurement directions) 중 적어도 어느 하나를 더 포함할 수 있다.

- [0055] 3. 심부 체온 데이터 추출
- [0056] 심부 체온 데이터 추출 단계(S30)는 파라미터 데이터 추출 단계(S20)에서 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출하는 단계이다.
- [0057] 심부 체온 추정 알고리즘은 일상생활 중 연속적으로 측정된 생체신호로부터 추출된 파라미터 데이터들과 심부 체온 간의 관계를 도출하여 심부 체온을 추정할 수 있는 알고리즘이다.
- [0058] 이러한 심부 체온 추정 알고리즘으로는 회귀 분석, 칼만 필터, 파티클 필터, 은닉마르코프 모델 중 어느 하나가 이용될 수 있다.
- [0059] 바람직하게, 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법에 있어서, 심부 체온 추정 알고리즘은 다음 식으로 이루어질 수 있다.

**수학식 1**

$$CT_t = a_1 + a_2 * MHR_t + a_3 * nMHR_t + a_4 * nLF_t + a_5 * nHF_t + a_6 * LF/HF \text{ ratio}_t + a_7 * \text{Respiration rate}_t + a_8 * \text{Temperature}_t + a_9 * \text{Movement}_t$$

- [0060]
- [0061] 여기서,  $CT_t$ 는 소정시간당 추정된 심부 체온이고,  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$ 는 모델파라미터이고,  $MHR_t$ 는 소정시간당 추출된 MHR 데이터이고,  $nMHR_t$ 는 소정시간당 추출된 MHR 데이터 각각을 정규화한 nMHR 데이터이고,  $nLF_t$ 는 소정시간당 측정된 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 LF 데이터 각각을 정규화한 nLF 데이터이고,  $nHF_t$ 는 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 HF 데이터 각각을 정규화한 nHF 데이터이고,  $LF/HF \text{ ratio}_t$ 는 소정시간당 추출된 LF/HF ratio 데이터이고,  $\text{Respiration rate}_t$ 는 상기 측정된 호흡 신호로부터 소정시간당 추출된 파라미터 데이터이고,  $\text{Temperature}_t$ 는 상기 측정된 피부체온 신호로부터 소정시간당 추출된 데이터이고,  $\text{Movement}_t$ 는 상기 측정된 움직임 신호로부터 소정시간당 추출된 파라미터 데이터이고,  $t$ 는 time point를 나타낸다.

- [0062] 4. 심부 체온 일주기 리듬 추정
- [0063] 심부 체온 일주기 리듬 추정 단계(S40)는 심부 체온 데이터 추출 단계(S30)에서 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 단계이다.
- [0064] 이와 같이, 일상생활 중 소정시간당 연속적으로 추정된 심부 체온 데이터로부터 이상 데이터 즉, 노이즈를 제거하면 심부 체온 일주기 리듬을 추정할 수 있다.
- [0065] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 비침습 및 무구속적인 방법으로 측정이 이루어지기 때문에, 사용자가 스스로 쉽게 그리고 연속적이고 자동적으로 다양한 건강정보를 추출할 수 있는 심부 체온의 일주기 리듬을 획득할 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 다양한 건강정보와 관련이 있는 심부 체온의 일주기 리듬을 일상생활 중에 비침습, 무구속적 및 자동적으로 추정할 수 있기 때문에, 스마트폰 등과 같은 Wearable device의 생체계측 모듈에 적용되어 활력 징후 모니터링, 심부 체온 모니터링, 생리 주기 진단 및 예측, 일주기 리듬의 획득, 수면 관련 질환의 진단 및 치료, 업무 효율성 증대, 가족의 질병 평가 등에 유용하게 활용될 수 있다.

- [0067] 이하, 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬의 일 실시 예들을 상세히 설명한다.
- [0068] 본 실시 예들에서는 일상생활 중 심장활동을 모니터링하여 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 측정된 ECG 신호를 이용하여 심부 체온 일주기 리듬을 추정한다.
- [0069] 즉, 본 발명의 일 실시 예에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 연속적으로 ECG 신호를 측정하는 단계, 상기 측정된 ECG 신호로부터 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 추출하는 단계, 상기 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출하는 단계, 상기 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0070] 또한, 본 실시 예에 있어서, 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터는 일상생활 중에 연속적으로 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당 산출되어 추출된 nMHR(normalized Mean Heart Rate) 데이터, 심박수 변이도(HRV:Heart Rate Variability) 데이터를 이용하였다.
- [0071] 또한, 심박수 변이도 데이터는 nLF(normalized Low Frequency) 데이터, nHF(normalized High Frequency) 데이터, LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio) 데이터 중 어느 하나를 각각 이용하였다.
- [0072] 1. 일상생활 중 ECG 신호 측정
- [0073] 심장 활동을 모니터링하기 위해 흉부에 Wet 전극(예. Ag/AgCl 전극 등)을 부착하여 ECG 신호를 모니터링 하여 측정하였다. 샘플링 주파수는 250Hz 로 하였다. 이외에도 심장 활동을 모니터링하여 측정하는 방법으로는, Dry 전극을 사용하여 ECG 신호를 모니터링하는 방법, 손가락 혹은 손목에 빛을 통과시켜 혈류량의 흐름을 감지함으로써 PPG신호를 모니터링하는 방법, 그리고 Microwave 센서를 활용한 비접촉 심박 모니터링 등의 기술을 활용할 수도 있다.
- [0074] 2. 파라미터 데이터 추출
- [0075] 전술한 바와 같이, 본 실시 예에서는 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터 데이터를 MHR(Mean Heart Rate), nMHR(normalized Mean Heart Rate) 데이터, nLF(normalized Low Frequency) 데이터, nHF(normalized High Frequency) 데이터, LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio) 데이터를 각각 이용하였으며, 이하 각각의 데이터를 산출하여 추출하는 방법에 관하여 상세히 설명한다.
- [0076] 먼저, Wet 전극을 이용하여 획득된 ECG 신호를 0.5 Hz High Pass Filter 와 30 Hz Low Pass Filter를 이용하여 잡음을 제거한 후, R 피크들을 검출하여 R-R interval을 계산한다.
- [0077] 이후, R-R interval을 이용하여 단위시간당(ex.1분) 심박수(Heart Rate)를 계산한다.
- [0078] 심박수는 아래와 같이 계산할 수 있다.

**수학식 2**

$$\text{Heart Rate} = 60 / \text{RR interval}$$

- [0079]
- [0080] 한편, 심박수를 계산한 이후에는, 파라미터를 계산하기 이전에 Savitzky-Golay filter를 적용하여 Heart rate 리듬을 스무딩하여 노이즈를 제거한다. 또한, 상기 파라미터들은 소정시간(ex. 5분) 길이의 데이터를 중첩되는 구간 없이 이동시키면서 데이터 내의 스무딩된 데이터를 이용하여 계산한다.
- [0081] 본 실시예에 있어서, 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터로는 nMHR, nLF, nHF, LF/HF ratio 각각을 단일 파라

미터로 이용하였다.

[0082] 먼저, 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터가 nMHR(normalized Mean Heart Rate)인 경우에, nMHR 파라미터 데이터 추출 단계는, 일상생활 중 측정된 ECG 신호로부터 단위시간당 심박수(heart rate)를 산출하여 심박수 데이터를 추출하는 단계, 상기 추출된 심박수 데이터로부터 소정시간당 평균심박수(MHR:Mean Heart Rate)를 산출하여 MHR(Mean Heart Rate) 데이터를 추출하는 단계, 상기 추출된 각각의 MHR 데이터를 정규화하여 상기 nMHR 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0083] MHR(Mean Heart Rate)는 소정시간당(ex. 5분) Heart rate 값들의 평균을 구한 값으로서, 소정시간당 평균심박수를 의미한다. 일반적으로, MHR이 증가할수록 교감 신경에 의한 자극이 증가함을 의미하고, 감소할수록 부교감 신경에 의한 자극이 증가함을 의미한다.

[0084] nMHR(Normalized mean heart rate)는 소정시간(ex. 5분) 간의 평균심박수를 계산한 후, 전체 값들 중 최대값을 1로, 최소값을 0으로 정규화한 파라미터로서, 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

### 수학식 3

$$nMHR = [MHR - \min(MHR)] / [\max(MHR) - \min(MHR)]$$

[0085]

[0086] (단, min(MHR): 상기 추출된 MHR 데이터 중 최소값, max(MHR): 상기 추출된 MHR 데이터 중 최대값)

[0087] 또한, 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터가 nLF(normalized Low Frequency)인 경우에 nLF 데이터 추출 단계는, 일상생활 중 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당(ex.5분) nLF(normalized Low Frequency)를 산출하여 nLF 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0088] nLF(normalized Low Frequency)는 0.04 ~ 0.4 Hz 대역의 total power 중 LF(Low Frequency) 대역(0.04 ~ 0.15Hz) power의 비율을 의미하는 것으로서, VLF(Very Low Frequency) 대역(0 ~ 0.04Hz)의 변화에 의한 영향을 축소하고 교감 신경의 변화를 부각시키는 파라미터이다.

[0089] nLF(normalized Low Frequency)는 주파수 도메인에서 심박수 변이도를 분석한 파라미터 중 하나로 다음 식에 의해 계산될 수 있다.

### 수학식 4

$$nLF = LF / (\text{Total Power} - \text{VLF})$$

[0090]

[0091] (단, LF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 Low Frequency power, Total Power: 소정시간당 ECG 신호 중 0 ~ 0.4 Hz 대역의 total power, VLF: 0 ~ 0.04 Hz 대역의 Very Low Frequency power)

[0092] 또한, 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터가 nHF(normalized High Frequency)인 경우에 nHF 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당(ex.5분) nHF(normalized High Frequency)를 산출하여 nHF 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0093] nHF(normalized High Frequency)는 0.04 ~ 0.4 Hz 대역의 total power 중 HF(High Frequency) 대역(0.15 ~ 0.4 Hz) power의 비율을 의미하는 것으로서, VLF(Very Low Frequency) 대역(0 ~ 0.04Hz)의 변화에 의한 영향을 축소하고 부교감 신경의 변화를 부각시키는 파라미터이다.

[0094] nHF(normalized High Frequency)는 주파수 도메인에서 심박수 변이도를 분석한 파라미터 중 하나로 다음 식에 의해 계산될 수 있다.

**수학식 5**

$$nHF = HF / (Total Power - VLF)$$

[0095]

[0096] (단, HF: 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 High Frequency power, Total Power: 소정시간당 ECG 신호 중 0 ~ 0.4 Hz 대역의 total power, VLF: 0 ~ 0.04 Hz 대역의 Very Low Frequency power)

[0097] 또한, 심부 체온을 추정하기 위한 파라미터가 LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio)인 경우에, LF/HF ratio 데이터 추출 단계는, 상기 측정된 ECG 신호로부터 소정시간당(ex.5분) LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio)를 산출하여 LF/HF ratio 데이터를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0098] 여기서, LF는 소정시간당 ECG 신호 중 0.04 ~ 0.15 Hz 대역의 Low Frequency power이고, HF는 소정시간당 ECG 신호 중 0.15 ~ 0.4 Hz 대역의 High Frequency power이다.

[0099] LF/HF ratio(Low Frequency to High Frequency ratio)는 LF(Low Frequency) 대역(0.04 ~ 0.15Hz) power의 HF(High Frequency) 대역(0.15 ~ 0.4Hz) power에 대한 비율을 의미하는 것으로서, 교감-부교감 신경의 균형을 의미하며 증가하면 이 균형이 교감신경 쪽으로 편향되었음을 의미한다.

[0100] 3. 심부 체온 데이터 추출 및 심부 체온 일주기 리듬 추정

[0101] 이후, 상기 추출된 각각의 파라미터 데이터와 심부 체온 추정 알고리즘을 이용하여 소정시간당 심부 체온을 추정하여 심부 체온 데이터를 추출한다. 그리고 이와 같이 추출된 심부 체온 데이터로부터 심부 체온 일주기를 추정한다.

[0102] 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법에 있어서, 상기 심부 체온 추정 알고리즘은 Extended Kalman Filter 모델을 이용하였다.

[0103] MHR(Mean Heart Rate)를 기반으로 심부 체온을 추정하기 위한 Extended Kalman Filter 모델은 다음 식에서와 같이 Time update model과 Observation model로 구성된다.

수학식 6

- Time update model

$$CT_t = a_1 CT_{t-1} + a_0 + f \text{ where } f \sim N(0, \gamma)$$

- Observation model

$$MHR_t = b_1 CT_t + b_0 + g_1 \text{ where } g_1 \sim N(0, \sigma_1)$$

$$MHR_t = b_2 CT_t^2 + b_1 CT_t + b_0 + g_2 \text{ where } g_2 \sim N(0, \sigma_2)$$

$$MHR_t = b_3 CT_t^3 + b_2 CT_t^2 + b_1 CT_t + b_0 + g_3 \text{ where } g_3 \sim N(0, \sigma_3)$$

[0104]

[0105]

여기서, CT는 심부 체온(core body temperature) 이고, t는 time point 이고,  $a_i$ 는 time update model coefficients 이고, f는 noise 이고,  $\gamma$ 는 Standard deviation of the discrete probability distribution of  $\Delta CT$ ,  $b_i$ 는 observation model coefficients 이고, g는 noise 이고,  $\sigma_i$ 는 Mean of the standard deviations of heart-related parameter values binned by CT at 0.1 °C interval 이다.

[0106]

도 2는 본 실시 예에 활용되는 파라미터(MHR, nMHR, nLF, nHF, LF/HF ratio)와 심부 체온 간의 상관관계를 나타내는 그래프이고, 그래프 내의 r은 Spearman rank correlation coefficient 값이다.

[0107]

도 3은 도 2의 파라미터들을 사용하여 심부 체온을 추정된 결과를 나타내며 RMSE(Root mean square error)와 Bias는 정확도를 나타내는 지표이다. 추정 결과, nMHR, nLF, nHF, LF/HF ratio 는 평균 RMSE 0.4C 이내로 심부 체온을 추정할 수 있었다. 사람마다 심박 수 베이스라인이 다르기 때문에 nMHR을 이용해 심부 체온을 추정하는 방법이 MHR을 이용하는 경우보다 정확도가 높았다. Standardized spectral compound인 nLF와 nHF는 2차식 observation model을 적용할 경우, 평균 RMSE 0.4C 이내로 심부 체온을 추정할 수 있었다.

[0108]

도 4는 MHR 파라미터를 이용하여 심부 체온 일주기 리듬을 추정된 경우와, nMHR 파라미터를 이용하여 심부 체온 일주기 리듬을 추정된 경우를 나타내는 그래프이다.

[0109]

도 4를 참조하면, 빨간 점선이 reference 신호로서 실제 심부 체온의 일주기 리듬을 나타내며, MHR(1), MHR(2) 및 MHR(3)이 MHR 파라미터를 이용하여 추정된 심부 체온 일주기 리듬을 나타내며, nMHR(1), nMHR(2) 및 nMHR(3)이 nMHR 파라미터를 이용하여 추정된 심부 체온 일주기 리듬을 나타낸다. 괄호 안의 숫자는 observation model의 차수를 의미한다.

[0110]

도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 심부 체온 일주기 리듬을 추정하기 위한 파라미터로서 MHR 파라미터를 이용하는 경우보다, nMHR 파라미터를 이용하는 경우가 더 정확한 심부 체온 일주기 리듬 추정이 가능함을 알 수 있다.

[0111]

한편, 본 발명에 따른 일상생활 중 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 일상생활 중 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 측정 가능한 ECG(Electrocardiogram) 신호로부터 추출할 수 있는 파라미터 즉, MHR, nMHR, nLF, nHF 및 LF/HF ratio 파라미터 외에, ECG 신호와 마찬가지로 일상생활 중 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 측정 가능한 호흡, 피부체온, 움직임 신호 등으로부터 추출할 수 있는 파라미터를 더 추가함으로써, 일상생활 중 더 정확하게 심부 체온 및 심부 체온 일주기 리듬을 추정할 수 있다.

[0112]

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 일상생활 중 연속적, 비침습적 및 무구속적으로 측정 가능한 생체신호를 이용하여 일상생활 중 심부 체온 및 심부 체온 일주기 리듬을 추정하는 방법에 관한 것으로서, 그 실시 형태는 다양한 형태로 변경가능하다 할 것이다. 따라서 본 발명은 본 명세서에서 개시된 실시 예에 의해 한정되지 않으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 변경 가능한 모든 형태도 본 발명의 권리범위에 속한다 할 것이다.

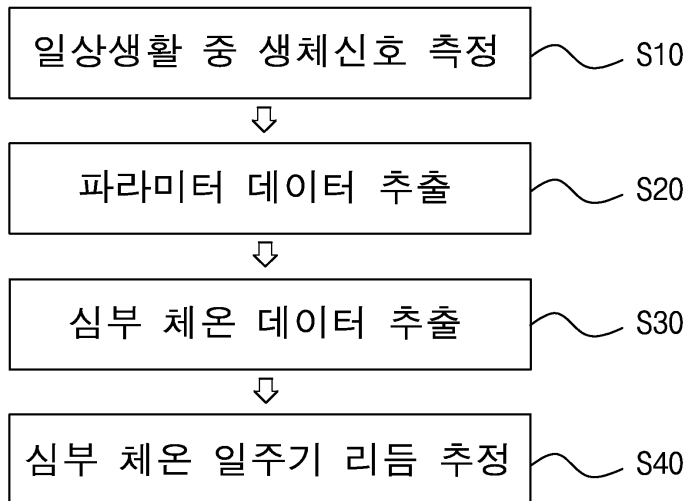
**산업상 이용가능성**

[0113] 본 발명은 인체의 건강을 평가하는데 반드시 필요한 생체 신호 중 하나인 심부 체온을 일상 생활 중에 비침습 및 무구속적으로 모니터링 하고, 그로부터 다양한 건강정보를 추출할 수 있는 심부 체온의 일주기 리듬을 획득할 수 있는 방법에 관한 것이다.

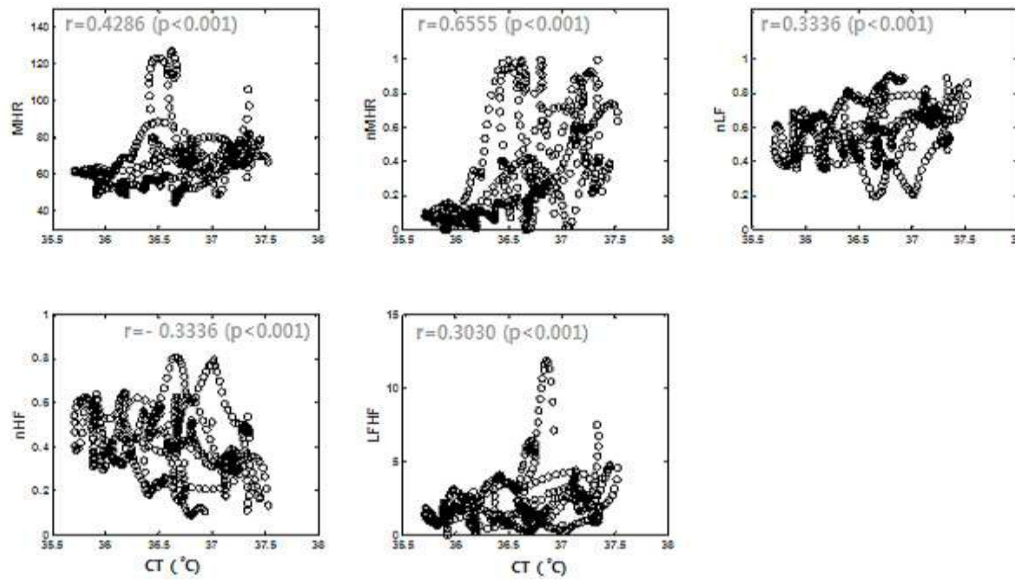
[0114] 따라서, 본 발명에 따른 심부 체온 일주기 리듬 추정 방법은 다양한 건강정보와 관련이 있는 심부 체온의 일주기 리듬을 일상생활 중에 비침습, 무구속적 및 자동적으로 추정할 수 있기 때문에, 스마트폰 등과 같은 Wearable device의 생체계측 모듈에 적용되어 활력 징후 모니터링, 심부 체온 모니터링, 생리 주기 진단 및 예측, 일주기 리듬의 획득, 수면 관련 질환의 진단 및 치료, 업무 효율성 증대, 가축의 질병 평가 등에 유용하게 활용될 수 있다.

**도면**

**도면1**



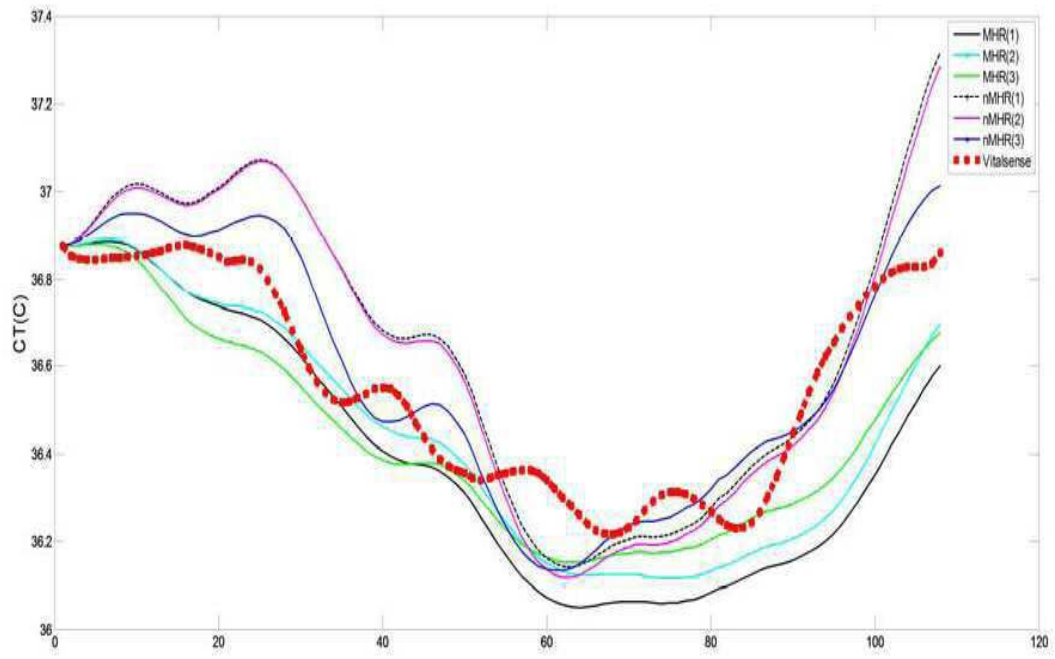
도면2



도면3

Heart related parameters	Order of observation model	RMSE (°C)	Bias (°C)
MHR	1	0.62	0.13
	2	0.95	-0.32
	3	0.53	0.02
nMHR	1	0.38	-0.01
	2	0.37	0.00
	3	0.35	-0.00
nLF	1	0.42	-0.11
	2	0.39	-0.16
	3	0.45	-0.29
nHF	1	0.42	-0.11
	2	0.39	-0.16
	3	0.45	-0.29
LFHF	1	0.39	-0.07
	2	0.43	-0.12
	3	0.75	-0.21

도면4



专利名称(译)	在日常生活中估计深循环温度节律的方法		
公开(公告)号	<a href="#">KR101645212B1</a>	公开(公告)日	2016-08-03
申请号	KR1020140132690	申请日	2014-10-01
[标]申请(专利权)人(译)	首尔大学校产学协力团		
申请(专利权)人(译)	首尔国立大学产学合作基金会		
当前申请(专利权)人(译)	首尔国立大学产学合作基金会		
[标]发明人	PARK KWANG SUK 박광석 SIM SOO YOUNG 심수영 KIM HEE CHAN 김희찬 NOH SEUNG WOO 노승우 YOON HEE NAM 윤희남 RYOU HO SUK 유호석		
发明人	박광석 심수영 김희찬 노승우 윤희남 유호석		
IPC分类号	A61B5/0452 A61B5/00 A61B5/01 A61B5/024 A61B5/04 A61B5/0456		
CPC分类号	A61B5/0452 A61B5/01 A61B5/024 A61B5/4035 A61B5/04012 A61B5/0456		
代理人(译)	Yijeongyeon		
其他公开文献	KR1020160039506A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

本发明涉及一种用于估计深部体温昼夜节律的方法，该方法能够以非侵入性和非约束性方式监测深部体温，该体温是评估健康状况绝对必要的生物信号之一。日常生活中的人体，并获得深层体温昼夜节律，从中可以提取各种健康信息。根据本发明的用于估计日常生活中的深部体温昼夜节律的方法可以包括以下步骤：在日常生活中以连续，非侵入和非约束的方式测量生物信号；从测量的生物信号中提取用于估计深部体温的参数数据；通过使用所提取的参数数据和深度体温估计算法中的每一个，通过估计预定时间的深部体温来提取深部体温数据；并从提取的深部体温数据估计深部体温昼夜节律。

