



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월13일  
(11) 등록번호 10-1897419  
(24) 등록일자 2018년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/00 (2006.01) A61B 5/04 (2006.01)  
A61B 5/0456 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 5/7275 (2013.01)  
A61B 5/04012 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0166016  
(22) 출원일자 2017년12월05일  
심사청구일자 2017년12월05일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2012065713 A\*  
KR1020130132802 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
신성대학 산학협력단  
충남 당진군 정미면 덕마리 49번지  
한국표준과학연구원  
대전 유성구 가정로 267(가정동, 한국표준과학연구원)  
(72) 발명자  
박세진  
경기도 안성시 공도읍 가죽공원길 41  
민승남  
경기도 과천시 별양로 85, 404동 303호 (별양동, 주공아파트)  
(74) 대리인  
김태훈  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 5 항

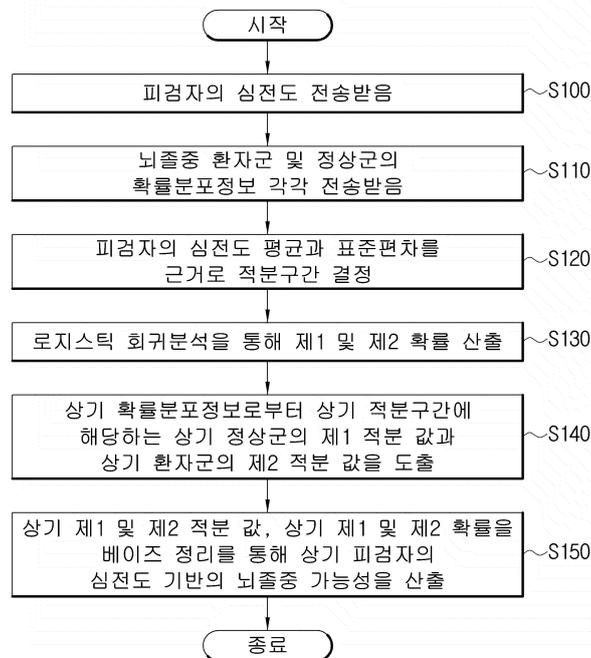
심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 심전도 기반의 뇌졸중 발병 예측 시스템

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따르는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템은, 기수집된 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도에서 RRI(R-R Interval) 분석을 통해 획득된 심전도 평균과 표준편차에 기초하여 상기 환자군 및 상기 정상군의 확률분포정보를 각각 도출하고, 이를 이용하여 피검자의 뇌졸중 발병을 예측하는 시스템으로서, 상기 피 (뒷면에 계속)

대표도 - 도5



검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 확률분포 정보에서 적분구간을 결정하는 결정부, 상기 피검자의 뇌졸중 인자와 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))에 대해 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 통해 상기 제1 확률(P(S))과 상기 정상군에 속할 제2 확률(P(H))을 산출하는 제1 산출부 및 상기 확률분포정보로부터 상기 적분구간에 해당하는 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I | S))을 도출하고, 상기 제1 및 제2 적분 값과 상기 제1 및 제2 확률에 대해 베이즈 정리를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성(P(I | S))을 산출하는 제2 산출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

**A61B 5/0456** (2013.01)

(72) 발명자

**이경선**

세종특별자치시 다정북로 109, 327동 1803호 (다정동, 가온마을 3단지)

**김동준**

경기도 화성시 병점4로 103 1211동 102호 (진안동, 진안골마을주공12단지)

**무랄리**

인도 타밀나두 칸치푸람-603203 카탕쿨라서 SRM나 가르 SRM 과학기술연구소 (SRM Institute of Science and Technology, SRM Nagar, Kattankulathur, Kancheepuram - 603203, Tamilnadu, India)

**홍승희**

대전광역시 유성구 은구비로155번안길 45 (죽동)

**김다미**

대전광역시 서구 청사로 5 하나로 아파트 104동 205호

명세서

청구범위

청구항 1

기수집된 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도에서 RRI(R-R Interval) 분석을 통해 획득된 심전도 평균과 표준편차에 기초하여 상기 환자군 및 상기 정상군의 확률분포정보를 각각 도출하고, 이를 이용하여 피검자의 뇌졸중 발병을 예측하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템에 있어서,

상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 확률분포정보에서 적분구간을 결정하는 결정부;

상기 피검자의 뇌졸중 인자와 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))에 대해 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 통해 상기 제1 확률(P(S))과 상기 정상군에 속할 제2 확률(P(H))을 산출하는 제1 산출부; 및

상기 확률분포정보로부터 상기 적분구간에 해당하는 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I | S))을 도출하고, 상기 제1 및 제2 적분 값과 상기 제1 및 제2 확률에 대해 베イズ 정리를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성(P(I | S))을 산출하는 제2 산출부를 포함하고,

상기 확률분포정보는,

다음의 (1) 식을 통해 시간을 변수  $x$ 로 하는 정규분포곡선으로 도출되고,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1),$$

여기서, 상기 (1) 식의  $m$ 이 상기 환자군의 평균일 때, 상기 (1) 식의  $\sigma$ 는 상기 환자군의 표준편차, 상기 (1) 식의  $m$ 이 상기 정상군의 평균일 때, 상기 (1) 식의  $\sigma$ 는 상기 정상군의 표준편차인 것을 특징으로 하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

기수집된 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도에서 RRI(R-R Interval) 분석을 통해 획득된 심전도 평균과 표준편차에 기초하여 상기 환자군 및 상기 정상군의 확률분포정보를 각각 도출하고, 이를 이용하여 피검자의 뇌졸중 발병을 예측하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템에 있어서,

상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 확률분포정보에서 적분구간을 결정하는 결정부;

상기 피검자의 뇌졸중 인자와 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))에 대해 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 통해 상기 제1 확률(P(S))과 상기 정상군에 속할 제2 확률(P(H))을 산출하는 제1 산출부; 및

상기 확률분포정보로부터 상기 적분구간에 해당하는 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I | S))을 도출하고, 상기 제1 및 제2 적분 값과 상기 제1 및 제2 확률에 대해 베イズ 정리를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성(P(I | S))을 산출하는 제2 산출부를 포함하고,

상기 제1 산출부는,

다음의 (2) 식을 통해 상기 제1 확률(P(S))을 산출하고, 다음의 (3) 식을 통해 상기 제2 확률(P(H))을 산출하며,

$$P(S) = \frac{e^{(0.547 - 0.049x_1 + 0.546x_2 + 0.511x_3 + 0.403x_4 + 1.352x_5 - 0.691x_6)}}{1 + e^{(0.547 - 0.049x_1 + 0.546x_2 + 0.511x_3 + 0.403x_4 + 1.352x_5 - 0.691x_6)}} \quad (2),$$

$$P(H) = 1 - P(S)$$

(3),

여기서,  $X_1$ 은 상기 피검자의 BMI 수치,  $X_2$ 는 상기 피검자의 당뇨의심 여부에 따라 기설정된 값,  $X_3$ 는 상기 피검자의 심장병이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_4$ 는 상기 피검자의 고혈압이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_5$ 는 상기 피검자의 가족의 심장병이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_6$ 은 상기 피검자의 가족의 고혈압유무에 따라 기설정된 값인 것을 특징으로 하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템.

#### 청구항 4

기수집된 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도에서 RRI(R-R Interval) 분석을 통해 획득된 심전도 평균과 표준편차에 기초하여 상기 환자군 및 상기 정상군의 확률분포정보를 각각 도출하고, 이를 이용하여 피검자의 뇌졸중 발병을 예측하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템에 있어서,

상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 확률분포정보에서 적분구간을 결정하는 결정부;

상기 피검자의 뇌졸중 인자와 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))에 대해 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 통해 상기 제1 확률(P(S))과 상기 정상군에 속할 제2 확률(P(H))을 산출하는 제1 산출부; 및

상기 확률분포정보로부터 상기 적분구간에 해당하는 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I|H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I|S))을 도출하고, 상기 제1 및 제2 적분 값과 상기 제1 및 제2 확률에 대해 베이즈 정리를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성(P(I|S))을 산출하는 제2 산출부를 포함하고,

상기 제2 산출부는,

다음의 (4) 식을 통해 상기 피검자가 상기 적분구간에서 상기 정상군에 속할 확률(P(H|I))을 산출하고,

$$P(H|I) = \frac{P(I|H) * P(H)}{P(I)} \quad (4),$$

여기서, 상기 (4) 식의 P(I|H)는 상기 제1 적분 값, P(I)는 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률인 것을 특징으로 하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률(P(I))은,

다음의 (5) 식을 통해 도출되고,

$$P(I) = P(I|H) * P(H) + P(I|S) * P(S)$$

(5),

여기서, P(I|S)는 상기 제2 적분 값인 것을 특징으로 하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 결정부는,

상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 평균을 중심축으로 하고, 상기 피검자의 표준편차를 상기 정규분포곡선의 가로축 길이로 하는 상기 적분구간을 상기 확률분포정보로부터 결정하는 것을 특징으로 하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 일실시예들은 심전도 기반의 뇌졸중 발병 예측 시스템으로서, 보다 구체적으로는, 피검자의 심전도와 뇌졸중의 관계를 베이지 정리를 통해 연결시키고, 상기 피검자의 심전도에 따라 뇌졸중 가능성을 산출하도록 한 심전도 기반의 뇌졸중 발병을 예측하는 시스템을 제공하는 것이다.

**배경 기술**

[0003] 일반적으로 피검자의 신체에서 측정된 심전도(electrocardiogram; ECG)는 심장 내에 발생한 미세한 전류를 기록하는 기구로, 다양한 유형의 심장 질환을 진단하는 데 사용된다.

[0004] 사람은 심장근육이 수축 이완할 때 활동전위가 발생되는데, 심장으로부터 온 몸으로 퍼지는 전류를 일으키며, 이 전류는 몸의 위치에 따라 전위차를 발생시키는데 이 전위차는 인체의 피부에 부착된 표면전극(surface electrode)을 통해 검출하여 기록할 수 있다.

[0005] 이와 같은 심전도는 심장의 이상 유무 확인에 이용되며, 협심증, 심근경색, 부정맥 등 심장질환계의 질환을 측정하는 데에는 기본적인 방법으로 이용되고 있어 매우 중요한 의료기기 중 하나이다.

[0006] 또한, 측정된 심전도신호를 다양한 형태로 분석하여 심장 질환뿐만 아니라, 다양한 건강정보, 스트레스 정도 또는 감성상태 정보 등을 분석하는 요소로 매우 유용하게 활용되고 있다.

[0007] 특히, 심장질환에서 심근(myocardium)의 회귀성 흥분(reentry excitation) 또는 이소성 흥분(ectopic beats)이 원인이 되고, 이러한 심근의 전도이상(conduction anomaly)은 뇌졸중(stroke)의 원인이 되는 심방 부정맥(atrial arrhythmia), 빈맥(tachycardia), 및 심부전(heart failure) 등으로 발전되며, 심정지(cardiac arrest)에 의한 심장돌연사(Sudden Cardiac Death)를 일으키는 심실세동(ventricular fibrillation)의 기전이기도 하다.

[0008] 이에 따라, 본 발명에서는 뇌졸중의 전조 증상과 상당히 밀접한 관계가 있는 심전도를 기반으로 하는 뇌졸중 예측 시스템을 제시한다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0010] (특허문헌 0001) 국내등록특허 제10-1737279호 (2017.05.11)

(특허문헌 0002) 국내공개특허 제10-2013-0095415호 (2013.08.28)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 본 발명의 일 목적은, 뇌졸중의 원인이 되는 심전도를 뇌졸중 환자군과 정상군에 따라 비교하여 연결 시켜, 피검자의 심전도에 따라 뇌졸중 발병 가능성을 예측하는 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은, 피검자의 심전도와 뇌졸중의 관계를 베イズ 정리를 통해 연결시켜, 뇌졸중을 보다 정확하게 예측할 수 있는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0014] 이와 같은 본 발명의 해결 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르는 뇌졸중 발병을 예측하는 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템은, 기수집된 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도에서 RRI(R-R Interval) 분석을 통해 획득된 심전도 평균과 표준편차에 기초하여 상기 환자군 및 상기 정상군의 확률분포정보를 각각 도출하고, 이를 이용하여 피검자의 뇌졸중 발병 가능성을 예측하는 시스템으로서, 상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 확률분포정보에서 적분구간을 결정하는 결정부, 상기 피검자의 뇌졸중 인자와 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))에 대해 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 통해 상기 제1 확률(P(S))과 상기 정상군에 속할 제2 확률(P(H))을 산출하는 제1 산출부 및 상기 확률분포정보로부터 상기 적분구간에 해당하는 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I | S))을 도출하고, 상기 제1 및 제2 적분 값과 상기 제1 및 제2 확률에 대해 베イズ 정리를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성(P(I | S))을 산출하는 제2 산출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명과 관련한 일 예에 따르면, 상기 확률분포정보는,

[0016] 다음의 (1) 식을 통해 시간을 변수  $x$ 로 하는 정규분포곡선으로 도출되고,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1),$$

[0018] 여기서, 상기 (1) 식의  $m$ 이 상기 환자군의 평균일 때, 상기 (1) 식의  $\sigma$ 는 상기 환자군의 표준편차, 상기 (1) 식의  $m$ 이 상기 정상군의 평균일 때, 상기 (1) 식의  $\sigma$ 는 상기 정상군의 표준편차인 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명과 관련한 일 예에 따르면, 상기 제1 산출부는, 다음의 (2) 식을 통해 상기 제1 확률(P(S))을 산출하고, 다음의 (3) 식을 통해 상기 제2 확률(P(H))을 산출하며,

$$P(S) = \frac{e^{(0.547-0.049x_1+0.546x_2+0.511x_3+0.403x_4+1.352x_5-0.691x_6)}}{1+e^{(0.547-0.049x_1+0.546x_2+0.511x_3+0.403x_4+1.352x_5-0.691x_6)}} \quad (2),$$

$$P(H) = 1 - P(S) \quad (3),$$

[0022] 여기서,  $X_1$ 은 상기 피검자의 BMI 수치,  $X_2$ 는 상기 피검자의 당뇨의심 여부에 따라 기설정된 값,  $X_3$ 는 상기 피검자의 심장병이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_4$ 는 상기 피검자의 고혈압이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_5$ 는 상기 피검자의 가족의 심장병이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_6$ 은 상기 피검자의 가족의 고혈압유무에 따라 기설정된 값인 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명과 관련한 일 예에 따르면, 상기 제2 산출부는, 다음의 (4) 식을 통해 상기 피검자가 상기 적분구간에서 상기 정상군에 속할 확률(P(H | I))을 산출하고,

$$P(H|I) = \frac{P(I|H) * P(H)}{P(I)}$$

[0024] (4),

[0025] 여기서, 상기 (4) 식의 P(I|H)는 상기 제1 적분 값, P(I)는 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률인 것을 특징으로 한다.

[0026] 본 발명과 관련한 일 예에 따르면, 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률(P(I))은, 다음의 (5) 식을 통해 도출되고,

$$P(I) = P(I|H) * P(H) + P(I|S) * P(S)$$

[0027] (5),

[0028] 여기서, P(I|S)는 상기 제2 적분 값인 것을 특징으로 한다.

[0029] 본 발명과 관련한 일 예에 따르면, 상기 결정부는, 상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 평균을 중심축으로 하고, 상기 피검자의 표준편차를 상기 정규분포곡선의 가로축 길이로 하는 상기 적분구간을 상기 확률분포정보로부터 결정하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0031] 상기와 같이 구성되는 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 관련된 심전도 기반의 뇌졸중 발병예측 시스템은, 뇌졸중의 원인이 되는 심전도를 뇌졸중 환자군과 정상군에 따라 비교하여 연결 시키고, 피검자의 심전도에 따라 뇌졸중 가능성을 예측할 수 있게 하는 효과가 있다.

[0032] 또한, 피검자의 심전도와 뇌졸중의 관계를 베イズ 정리를 통해 연결시켜, 뇌졸중을 보다 정확하게 예측할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0034] 도 1은 본 발명의 일실시예에 관련된 뇌졸중 발병 예측 시스템의 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예와 관련된 뇌졸중 발병 예측장치의 구성도이다.

도 3은 RRI 분석을 통해 도출되는 심전도 데이터의 일 예이다.

도 4는 확률분포정보의 실시 예이다.

도 5는 본 발명의 일실시예와 관련된 심전도 기반의 뇌졸중을 예측하는 순서도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0035] 이하, 본 발명에 관련된 심전도 기반의 뇌졸중을 예측하는 방법에 대하여 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 본 명세서에서는 서로 다른 실시예라도 동일·유사한 구성에 대해서는 동일·유사한 참조번호를 부여하고, 그 설명은 처음 설명으로 같음한다. 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0036] 본 명세서의 도면들은 본 발명의 원리를 구체화하는 예시적인 회로의 개념적인 관점을 나타내는 것으로 이해되어야 한다. 즉, 도면도에 표시된 기능들은 컴퓨터가 관독 가능한 매체에 실질적으로 나타낼 수 있고 컴퓨터 또는 프로세서가 명백히 도시되었는지 여부를 불문하고 컴퓨터 또는 프로세서에 의해 수행되는 다양한 프로세스에 의해 수행되는 것으로 이해되어야 한다.

[0037] 그리고, 각각의 기능은 전용하드웨어뿐만 아니라 적절한 소프트웨어와 관련하여 소프트웨어를 실행할 능력을 가진 하드웨어의 사용으로 제공될 수 있다. 프로세서에 의해 제공될 때, 상기 기능은 단일 전용 프로세서, 단일

공유 프로세서 또는 복수의 개별적 프로세서에 의해 제공될 수 있고, 이들 중 일부는 공유될 수 있다.

- [0038] 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 일실시예에 관련된 뇌졸중 발병 예측 시스템의 개념도이다.
- [0040] 도 1을 참조하면, 뇌졸중 발병 예측시스템(1000)은 웨어러블 장치(100), 뇌졸중 발병 예측장치(200) 및 수집서버(300)를 포함할 수 있다.
- [0041] 먼저, 웨어러블 장치(100)는 근전도(electromyography; EMG) 센서, 피부전기 활성(electrodermal activity) 센서, 피부온도 측정기, 혈액량(blood volume pulse) 측정기, 심전도(electrocardiogram; ECG) 센서, 호흡 센서(respiration sensor), 혈압 측정기 및 심박수(hear rate) 측정기 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0042] 여기서, 근전도 센서는 근육의 활동전위를 감지하고, 피부전기 활성 센서는 피부의 전도도를 측정하며, 피부온도 측정기는 피부 표면의 온도를 감지하고, 혈액량 측정기는 혈관 내에 흐르고 있는 혈액의 양을 측정하며, 심전도 센서는 심박동과 관련된 전위를 신체 표면에서 감지하고, 호흡 센서는 얼마나 많이 빠르게 호흡을 하는지를 측정하며, 심박수 측정기는 심장이 단위시간 동안 박동하는 횟수를 측정할 수 있다.
- [0043] 즉, 웨어러블 장치(100)는 근전도, 혈액량, 심전도, 호흡, 심박수, 체온 및 혈압 중 적어도 하나 이상을 감지할 수 있다.
- [0044] 또한, 웨어러블 장치(100)는 감지된 근전도, 혈액량, 심전도, 호흡, 심박수, 체온 및 혈압 중 적어도 하나 이상을 뇌졸중 발병 예측장치(200)로 전송할 수 있도록 무선통신모듈(미도시)을 포함할 수 있다.
- [0045] 여기서, 통신모듈(미도시)은 전력선 통신(Power Line Communication: PLC), USB 통신, 이더넷(Ethernet), 시리얼 통신(serial communication), 광/동축 케이블 중 적어도 어느 하나를 포함하는 유선 통신모듈, 무선랜(Wireless LAN: WLAN), DLNA(Digital Living Network Alliance), 와이브로(Wireless Broadband: Wibro), 와이맥스(World Interoperability for Microwave Access: Wimax), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), HSUPA(High Speed Uplink Packet Access), IEEE 802.16, 롱 텀 에볼루션(Long Term Evolution: LTE), LTE-A(Long Term Evolution-Advanced), 광대역 무선 이동 통신 서비스(Wireless Mobile Broadband Service: WMBS) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 무선 통신모듈 및 블루투스(Bluetooth), RFID(Radio Frequency Identification), 적외선 통신(Infrared Data Association: IrDA), UWB(Ultra Wideband), 지그비(ZigBee), 인접 자장 통신(Near Field Communication: NFC), 초음파 통신(Ultra Sound Communication: USC), 가시광 통신(Visible Light Communication: VLC), 와이 파이(Wi-Fi), 와이 파이 다이렉트(Wi-Fi Direct) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 근거리 통신모듈로 구현될 수 있다.
- [0046] 실시예에 따라, 웨어러블 장치(100)는 복수의 센서 중 심전도센서(미도시)를 통해 뇌졸중을 예측할 대상인 피검자의 신체부위 중 기설정된 부위에 부착되어, 상기 피검자의 심전도를 측정하고, 통신모듈(미도시) 중 데이터 레이트는 낮지만, 노드 확장성이 높고 커버리지가 넓으며 저전력으로 구현되는 지그비를 통해 뇌졸중 발병 예측장치(200)와 연동함으로써, 상기 피검자의 심전도를 뇌졸중 발병 예측장치(200)로 전송할 수 있다.
- [0047] 다음으로, 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 웨어러블 장치(100)로부터 상기 피검자의 심전도를 전송받을 수 있도록 데이터 통신이 가능한 유무선 통신장치일 수 있다.
- [0048] 즉, 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 예컨대, 데스크탑 PC(Personal Computer, PC), 노트북 PC 등 컴퓨터인 것이 일반적이지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 네트워크(10)를 통하여 웨어러블 장치(100) 및 수집서버(300)와의 데이터 통신이 가능한 유무선 통신장치일 수 있다.
- [0049] 예컨대, 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 무선 인터넷 또는 휴대 인터넷을 통하여 통신하는 다양한 이동 단말을 포함하고, 이외에도 팜 PC(Palm Personal Computer), 스마트폰(Smart phone), 모바일 게임기(mobile playstation), 통신기능이 있는 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)폰, 태블릿 PC, 아이패드(iPad) 등 모든 유무선 가전/통신 장치를 포괄적으로 의미할 수 있다.
- [0050] 이때, 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 일반 핸드폰(일명 피쳐폰(feature phone)과는 달리 사용자가 원하는 다양한 애플리케이션(Application) 프로그램을 다운로드받아 자유롭게 사용하고 삭제가 가능한 오픈 운영체제를 기반으로 한 스마트폰으로서, 일반적으로 사용되는 음성/영상통화, 인터넷 데이터통신 등의 기능뿐만 아니라, 모바일

오피스 기능을 갖춘 모든 모바일 폰 또는 음성통화 기능이 없으나 인터넷 접속 가능한 모든 인터넷폰 또는 테블릿 PC(Tablet PC)를 포함하는 통신기기로 이해함이 바람직하다.

[0051] 또한, 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 다양한 개방형 운영체계를 탑재한 스마트폰으로 구현될 수 있으며, 상기 개방형 운영체제로는 예컨대, 노키아(NOKIA)사의 심비안, 림스(RIMS)사의 블랙베리, 애플(Apple)사의 아이폰, 마이크로소프트사(MS)의 윈도우 모바일, 구글(Google)사의 안드로이드, 삼성전자의 바다 등으로 이루어지고, 폐쇄적인 운영체계를 가진 휴대폰과 달리 사용자가 임의로 다양한 애플리케이션 프로그램을 설치하고 관리할 수 있다.

[0052] 본 발명의 실시예에 따라, 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 웨어러블 장치(100)와의 연동을 통해 상기 피검자의 측정되는 심전도를 실시간으로 전송받을 때, 수집서버(300)로부터 도출된 뇌졸중 환자군의 확률분포정보와 정상군의 확률분포정보를 전송받을 수 있다.

[0053] 이하, 도 2를 참조하여 뇌졸중 발병 예측장치(200)에 대해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0054] 다음으로, 수집서버(300)는 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도를 미리 수집하여 데이터베이스화할 수 있다.

[0055] 이때, 수집서버(300)는 뇌졸중 환자군 및 정상군의 심전도를 데이터베이스(DB)화하여 분류, 저장 및 관리하는 오라클(Oracle), 인포믹스(Infomix), 사이베이스(Sybase), DB2와 같은 관계형 데이터베이스 관리 시스템(RDBMS)이나, 겜스톤(Gemston), 오리온(Orion), O2 등과 같은 객체 지향 데이터베이스 관리 시스템(OODBMS)을 이용하여 본 발명의 목적에 맞게 구현될 수 있고, 자신의 기능을 달성하기 위하여 적당한 필드(field)들을 가지는 DB(미도시)를 포함하거나 별도로 구비할 수 있다.

[0056] 또한, 수집서버(300)는 도 3에 도시된 바와 같이, 기수집된 상기 뇌졸중 환자군의 심전도로부터 RRI(R-R Interval) 분석을 통해 환자군의 심전도 평균과 표준편차를 도출하여 획득할 수 있으며, 도면에는 도시된 바 없지만, 환자군의 심전도 평균과 표준편차를 도출하여 획득한 방법으로, 기수집된 상기 뇌졸중 정상군의 심전도 평균과 표준편차를 도출하여 획득할 수 있다.

[0057] 여기서, RRI(R-R Interval)는, 심전도에서 R파에서 다음의 R파까지의 간격을 말하며 심박수 평가에 이용되는 의 활용어일 수 있다.

[0058] 이때, 수집서버(300)는 상기 환자군의 심전도 평균과 표준편차 및 상기 정상군의 심전도 평균과 표준편차를 이용하여 상기 환자군의 확률분포정보와 상기 정상군의 확률분포정보를 도출하고, 이를 뇌졸중 발병 예측장치(200)로 전송할 수 있다.

[0059] 보다 구체적으로, 수집서버(300)는 다음의 (1)식을 통해 시간을 변수  $x$ 로 하는 정규분포곡선을 도출하여 상기 확률분포정보로 저장하고,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1),$$

[0060] 여기서, 상기 (1) 식의  $m$ 이 상기 환자군의 평균일 때, 상기 (1) 식의  $\sigma$ 는 상기 환자군의 표준편차, 상기 (1) 식의  $m$ 이 상기 정상군의 평균일 때, 상기 (1) 식의  $\sigma$ 는 상기 정상군의 표준편차일 수 있다.

[0062] 도 4는 상기 확률분포정보의 실시 예이다.

[0063] 예컨대, 상기 확률분포정보는 도 4에 기재된 바와 같이, 상기 환자군의 심전도에 대해 일정시간마다 분포되는 상기 환자군의 정규분포곡선과 상기 정상군의 심전도에 대해 일정시간마다 분포되는 상기 정상군의 정규분포곡선일 수 있다.

[0064] 즉, 수집서버(300)는 상기 (1) 식에 정상군의 심전도 평균과 표준편차를 적용하여 도출되는 정규분포곡선과 환자군의 심전도 평균과 표준편차를 적용하여 도출되는 정규분포곡선을 상기 확률분포정보로 각각 저장할 수 있다.

[0065] 도 2는 본 발명의 일실시예와 관련된 뇌졸중 발병 예측장치의 구성도이다.

[0066] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 심전도 기반의 뇌졸중 발병 예측장치(200)는 결정부(210), 제1 산출

부(220) 및 제2 산출부(230)를 포함할 수 있다.

[0067] 먼저, 결정부(21)는 상기 피검자의 신체 중 기설정된 부위에 부착되어 상기 피검자의 심전도를 측정하는 웨어러블 장치(100)와의 연동을 통해 상기 피검자의 심전도를 전송받을 때, 수집서버(200)로부터 도출된 상기 환자군의 확률분포정보와 상기 정상군의 확률분포정보를 전송받을 수 있다.

[0068] 이때, 결정부(210)는 상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득되는 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 환자군의 확률분포정보에서의 적분구간을 결정하고, 상기 정상군의 확률분포정보에서의 적분구간을 각각 결정할 수 있다.

[0069] 보다 구체적으로, 결정부(210)는 상기 환자군 및 상기 정상군의 확률분포정보에서, 상기 피검자의 평균을 중심축으로 하고, 상기 확률분포정보로부터 상기 피검자의 표준편차를 정규분포곡선의 가로축의 길이로 하는 상기 적분구간으로 결정할 수 있다.

[0070] 다음으로, 제1 산출부(220)는 상기 피검자로부터 입력받거나 또는 전송받은 뇌졸중 인자를 독립변수로 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))을 종속변수로 하는 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 통해 상기 환자군에 속할 제1 확률(P(S))과 상기 정상군에 속할 제2 확률(P(H))을 산출할 수 있다.

[0071] 보다 구체적으로, 제1 산출부(220)는 다음의 (2) 식을 통해 상기 제1 확률(P(S))을 산출하고, 다음의 (3) 식을 통해 상기 제2 확률(P(H))을 산출하며,

[0072] 
$$P(S) = \frac{e^{(0.547 - 0.049x_1 + 0.546x_2 + 0.511x_3 + 0.403x_4 + 1.352x_5 - 0.691x_6)}}{1 + e^{(0.547 - 0.049x_1 + 0.546x_2 + 0.511x_3 + 0.403x_4 + 1.352x_5 - 0.691x_6)}} \quad (2),$$

[0073] 
$$P(H) = 1 - P(S) \quad (3),$$

[0074] 여기서,  $X_1$ 은 상기 피검자의 BMI 수치,  $X_2$ 는 상기 피검자의 당뇨의심 여부에 따라 기설정된 값,  $X_3$ 는 상기 피검자의 심장병이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_4$ 는 상기 피검자의 고혈압이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_5$ 는 상기 피검자의 가족의 심장병이력 여부에 따라 기설정된 값,  $X_6$ 은 상기 피검자의 가족의 고혈압유무에 따라 기설정된 값일 수 있다.

[0075] 예컨대, 상기 피검자로부터 뇌졸중 인자들에 대한 데이터가 BMI 수치가 22, 당뇨 없음, 심장병 이력 없음, 고혈압 이력없음, 가족 심장병 이력 없음, 가족 고혈압 있음으로 입력받을 때, 제1 산출부(220)는 상기 (1) 식의  $X_1$ 에 상기 피검자의 BMI 수치인 22,  $X_2$ 에 0,  $X_3$ 에 0,  $X_4$ 에 1,  $X_5$ 에 0,  $X_6$ 에 1을 적용하여 제1 확률(P(S))인 30.7%를 산출하고, (2)식을 통해 제2 확률(P(H))인 69.3%를 산출할 수 있다.

[0076] 다음으로, 제2 산출부(230)는 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 확률분포정보에서 상기 적분구간을 기초로 하는 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I | S))을 도출할 수 있다.

[0077] 이때, 제2 산출부(230)는 상기 환자군의 (1) 식과 상기 정상군의 (1)식에서,  $x$ 를 상기 피검자의 평균으로 대입하고, 상기 피검자의 표준편차 예컨대,  $\pm 7$ 을 적분구간으로 대입하여, 적분 연산인  $\int_{-7}^7 f(x)$  을 통해 상기 정상군의 제1 적분 값(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분 값(P(I | S))을 도출할 수 있다.

[0078] 예컨대, 제2 산출부(230)는 웨어러블 장치(100)를 통해 측정된 심전도로부터 RRI 분석을 통해 도출되는 상기 피검자의 평균이 56.5, 표준편차가  $\pm 5$ 일 때, 상기 환자군의 (1)식과 정상군의 (1)식의  $x$ 에 평균인 56.5를 적분구간에 표준편차인  $\pm 5$ 를 적분구간으로 각각 적용하여 상기 정상군의 제1 적분값 0.377(P(I | H))과 상기 환자군의 제2 적분값(P(I | S)) 0.113을 도출할 수 있다.

[0079] 여기서, 제1 적분값(P(I | H))은 상기 피검자가 상기 환자군에 속하는 동시에 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률일 수 있고, 제2 적분 값(P(I | S))은 상기 피검자가 상기 환자군에 속하는 동시에 상기 피검자

의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률일 수 있다.

[0080] 실시예에 따라, 제2 산출부(230)는 상기 확률분포정보로부터 도출된 상기 정상군의 제1 적분 값( $P(I|H)$ ), 상기 환자군의 제2 적분 값( $P(I|S)$ ), 상기 제1 산출부(220)를 통해 산출된 상기 제1 및 제2 확률( $P(S)$ ,  $P(H)$ )에 대해 베이즈 정리(Bayes' theorem)를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성( $P(S|I)$ )을 산출할 수 있다.

[0081] 보다 구체적으로, 제2 산출부(230)는 다음의 (4) 식을 통해 상기 피검자가 상기 적분구간에서 상기 정상군에 속할 확률( $P(H|I)$ )을 산출하고,

$$P(H|I) = \frac{P(I|H) * P(H)}{P(I)} \quad (4),$$

[0083] 여기서, 상기 (4) 식의  $P(I|H)$ 는 상기 정상군의 제1 적분값,  $P(I)$ 는 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률일 수 있다.

[0084] 이때, 제2 산출부(230)는 다음의 (5) 식을 통해 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률( $P(I)$ )을 산출하고,

$$P(I) = P(I|H) * P(H) + P(I|S) * P(S) \quad (5),$$

[0086] 여기서, 여기서,  $P(I|S)$ 는 상기 피검자가 상기 환자군에 속하는 동시에 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률일 수 있다.

[0087] 이에 따라, 제2 산출부(230)는 상기 적분구간에서 상기 정상군에 속할 확률( $P(H|I)$ )이 산출됨에 따라,  $P(S|I) = 1 - P(H|I)$ 를 통해 상기 피검자가 상기 적분구간에서 상기 환자군에 속할 확률( $P(S|I)$ )인 심전도 기반의 뇌졸중 가능성( $P(S|I)$ )을 산출할 수 있다.

[0088] 예컨대, 제2 산출부(230)는 제1 적분값 0.377, 제2 적분값 0.113, 상기 피검자가 환자군에 속할 확률( $P(S)$ )가 0.307, 상기 피검자가 정상군에 속할 확률( $P(H)$ )가 0.693일 때, 상기 피검자의 심전도가 상기 적분구간에 속할 확률( $P(I)$ )인 0.295952를 산출하고, 상기 피검자가 상기 적분구간에서 상기 정상군에 속할 확률( $P(H|I)$ )을 0.88278로 산출하며, 심전도 기반의 뇌졸중 가능성( $P(S|I)$ )을 0.12722로 산출할 수 있다.

[0089] 도 5는 본 발명의 일실시예와 관련된 심전도 기반의 뇌졸중을 예측하는 순서도이다.

[0090] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 먼저, 결정부(210)는 웨어러블 장치(100)로부터 상기 피검자의 심전도를 전송받을 때(S100), 수집서버(300)로부터 기수집된 뇌졸중 환자군 및 정상군 각각의 확률분포정보를 전송받을 수 있다(S110).

[0091] 이때, 결정부(210)는 상기 피검자의 심전도에서 상기 RRI 분석을 통해 획득된 상기 피검자의 심전도 평균과 표준편차를 근거로 상기 확률분포정보에서의 적분구간을 결정할 수 있다(S120).

[0092] 다음으로, 제1 산출부(220)는 상기 피검자의 뇌졸중 인자와 상기 환자군에 속할 제1 확률( $P(S)$ )에 대해 로지스틱 회귀분석을 통해 상기 환자군에 속할 제1 확률( $P(S)$ )과 상기 정상군에 속할 제2 확률( $P(H)$ )을 산출할 수 있다(S130).

[0093] 이후, 제2 산출부(230)는 상기 확률분포정보로부터 상기 적분구간에 해당하는 상기 정상군의 제1 적분 값( $P(I|H)$ )과 상기 환자군의 제2 적분 값( $P(I|S)$ )을 도출하고(S140), 상기 제1 및 제2 적분 값과 제1 산출부(220)로부터 산출된 제1 및 제2 확률( $P(S)$ ,  $P(H)$ )에 대해 베이즈 정리를 통해 상기 피검자의 심전도 기반의 뇌졸중 가능성( $P(S|I)$ )을 산출할 수 있다(S150).

[0094] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨

터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0095] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0096] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

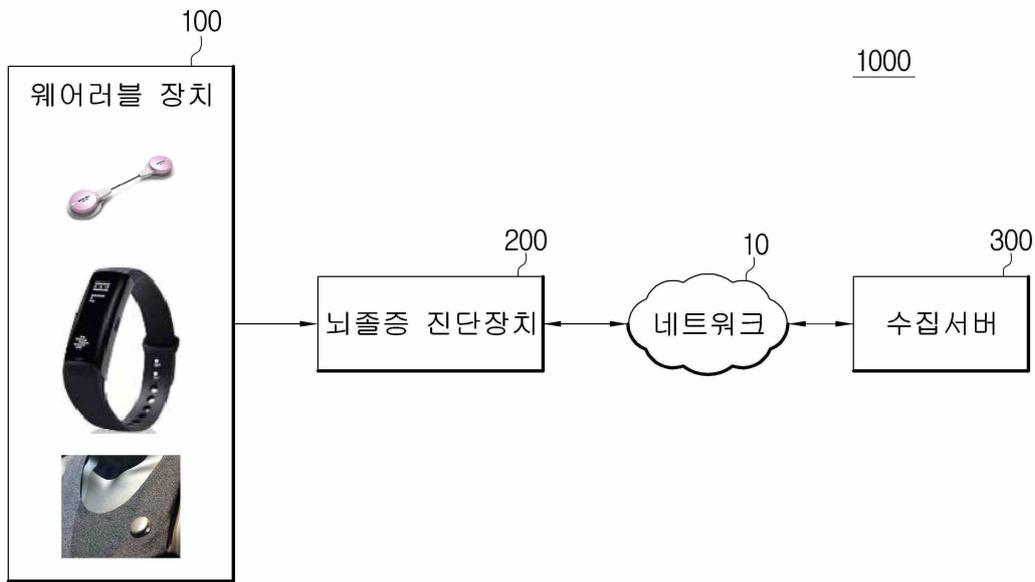
[0097] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

**부호의 설명**

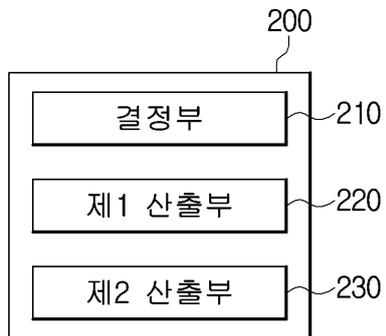
- [0099] 10: 네트워크
- 100: 웨어러블 장치
- 200: 뇌졸중 발병 예측장치
- 210: 결정부
- 220: 제1 산출부
- 230: 제2 산출부
- 300: 수집서버
- 1000: 심전도 기반의 뇌졸중 발병 예측시스템

도면

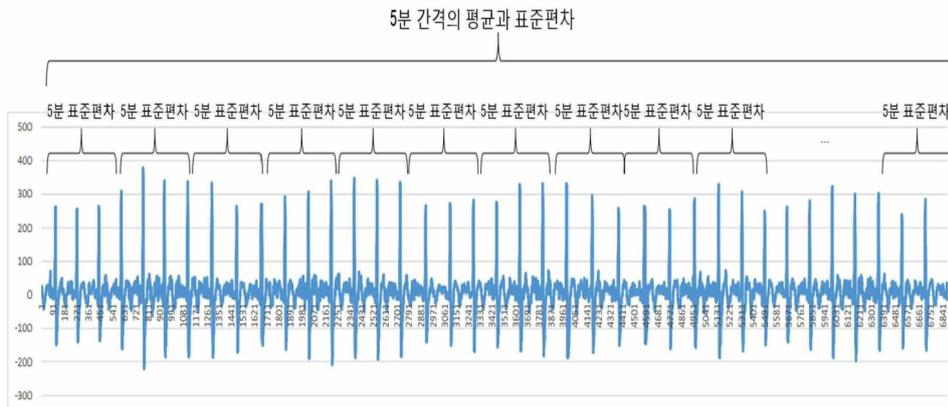
도면1



도면2



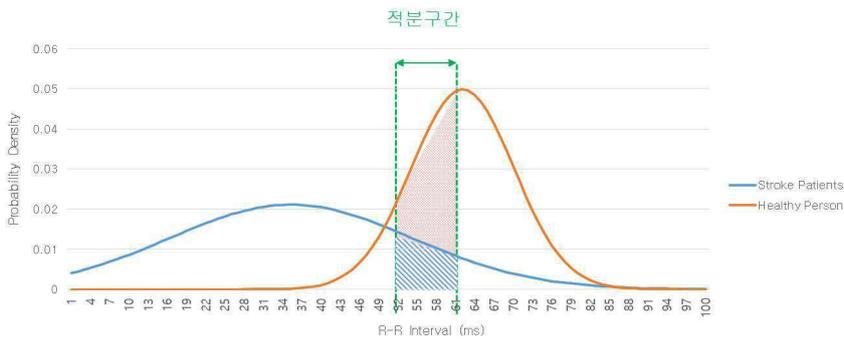
도면3



↓

	Average	SD
뇌졸중 환자	35.3	± 18.9

도면4



도면5

