



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월14일  
(11) 등록번호 10-1560521  
(24) 등록일자 2015년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/021 (2006.01) A61B 5/024 (2006.01)  
A61B 5/0402 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 5/02125 (2013.01)  
A61B 5/02416 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0012855  
(22) 출원일자 2015년01월27일  
심사청구일자 2015년01월27일  
(30) 우선권주장  
1020140068122 2014년06월05일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP06319706 A  
JP11318838 A  
KR1020080017525 A

(73) 특허권자  
길영준  
부산 해운대구 해운대해변로 99, 107동 302호 (우동, 경남마리나아파트)  
(72) 발명자  
길영준  
부산 해운대구 해운대해변로 99, 107동 302호 (우동, 경남마리나아파트)  
(74) 대리인  
특허법인 수

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 **혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법, 시스템 및 비밀시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체**

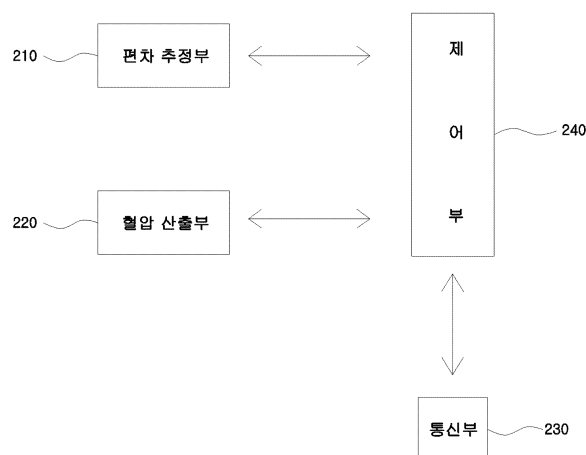
(57) 요약

본 발명의 일 태양에 따르면, 혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법으로서, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2

200



참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하는 단계, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도( $SpO_2$ ) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 단계, 및 상기 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 수축기 혈압 및 이완기 혈압을 산출하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

(52) CPC특허분류

**A61B 5/0402** (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법으로서,

기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하는 단계,

상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 단계, 및

상기 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출하는 단계

를 포함하고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값은, 상기 현재 시점에 측정된 맥파전달시간 값에 상기 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값은 상기 현재 시점에 측정된 산소포화도 값에 상기 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되는 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 기설정된 시간은 상기 제1 시간 간격 및 상기 제2 시간 간격 중 더 긴 시간 간격보다 길게 설정되는 방법.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값은 상기 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 평균값이고,

상기 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값은 상기 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 평균값인 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값은 상기 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차 중 기설정된 범위를 벗어나는 이상치에 해당하는 편차를 제외한 나머지 편차에 기초하여 산출되고,

상기 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값은 상기 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사

이의 편차 중 기설정된 범위를 벗어나는 이상치에 해당하는 편차를 제외한 나머지 편차에 기초하여 산출되는 방법.

**청구항 6**

혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법으로서,

기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하는 단계,

상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 단계, 및

상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출하는 단계

를 포함하고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값은, 상기 현재 시점에 측정된 맥파전달시간 값에 상기 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값은 상기 현재 시점에 측정된 산소포화도 값에 상기 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되는 방법.

**청구항 7**

제1항, 제2항 및 제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 따른 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록한 비일시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

**청구항 8**

혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 시스템으로서,

기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하고, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 편차 추정부, 및

상기 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출하는 혈압 산출부

를 포함하고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값은, 상기 현재 시점에 측정된 맥파전달시간 값에 상기 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값은 상기 현재 시점에 측정된 산소포화도 값에 상기 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되는 시스템.

**청구항 9**

혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 시스템으로서,

기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하고, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 편차 추정부, 및

상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출하는 혈압 산출부를 포함하고,

를 포함하고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값은, 상기 현재 시점에 측정된 맥파전달시간 값에 상기 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되고,

상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값은 상기 현재 시점에 측정된 산소포화도 값에 상기 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정되는 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법, 시스템 및 비밀시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 과학 기술의 비약적인 발전으로 인해 인류 전체의 삶의 질이 향상되고 있으며, 의료 환경에서도 많은 변화가 발생하였다. 과거에는 병원에서 X-ray, CT, fMRI 등의 의료영상을 촬영한 후 몇 시간 또는 며칠을 기다려야 영상 판독이 가능했었다.

[0003] 그러나 최근 10여년 전부터 의료영상을 촬영한 후 영상의학과 전문의의 모니터 화면으로 영상이 전송되어 즉시 판독할 수 있는 영상저장 및 전송시스템(PACS, Picture Archive Communication System)이 도입되었다. 또한, 병원에 가지 않고서도 자신의 혈당과 혈압을 언제 어디서나 확인할 수 있는 유비쿼터스(ubiquitous) 헬스케어 관련 의료기기가 많이 보급되어, 혈당 환자나 고혈압 환자들은 자신의 집이나 사무실에서 이를 사용하고 있다.

[0004] 특히, 각종 질환의 주요한 발명 원인이 되고 있고 유병률이 증가하고 있는 고혈압의 경우에는, 혈압을 지속적으로 측정하여 실시간으로 알려주는 시스템이 필요하며, 이와 관련한 다양한 다양한 유형의 연구들이 시도되고 있다.

[0005] 종래기술의 일 예로서, 만성 심장질환 환자들의 폐동맥(pulmonary artery)에 혈압 측정 센서를 삽입하여 실시간으로 혈압을 측정한 후 이를 무선통신을 이용하여 주치의에게 전송하면 주치의는 원격지에서 환자의 폐동맥 혈압 변화 양상을 모니터링하고 환자에게 처방을 전달하는 유비쿼터스 헬스케어(u-Health, ubiquitous Healthcare) 기술이 소개된 바 있으며, 이 종래기술은 환자들이 병원에 내원하는 횟수를 획기적으로 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만, 이러한 종래기술은 지속적이고 정확하게 혈압을 측정할 수 있으나, 침습적인 혈압 측정 방법을 수반하기 때문에 시술 상의 어려움과 동맥 손상, 감염 등의 위험성이 있다는 단점을 가지고 있다.

[0006] 따라서, 동맥혈관에 혈압 측정용 센서를 삽입하지 않고 비침습적인 방법으로 혈압을 실시간으로 측정할 수 있는 시스템에 관한 연구가 지속적으로 수행되었다. 그리고, 유비쿼터스 환경에서 혈압을 모니터링 한 후 측정된 혈

압을 사용자에게 바이오 피드백(biofeedback)하여 사용자가 혈압을 조절할 수 있도록 하는 연구도 수행되었다.

[0007] 한편, 커프(cuff)를 팔에 부착하여 혈압을 측정하는 방식을 적용한 종래기술도 소개되었지만, 커프를 이용하는 경우에 업무를 진행하거나 휴식을 취할 때 누군가가 혈압을 측정해 주거나 사용자 스스로 혈압 측정기를 작동시키지 않는다면 혈압을 측정하기 어렵기 때문에, 지속적으로 혈압을 측정하기 어렵다는 문제점이 있다. 또한, 커프를 이용하여 혈압을 측정하는 경우에도, 혈압이 측정되기까지 수십 초 이상의 시간이 소요된다는 문제점이 존재한다.

[0008] 특히, 빠른 시간 안에 고혈압의 위험을 알려서 환자가 짧은 시간 안에 응급 치료를 받을 수 있도록 하기 위해서는, 혈압을 지속적으로 측정하는 것은 물론 혈압 측정 결과를 실시간으로 알려줌으로써 환자 스스로가 고혈압을 예방하고 관리할 수 있도록 하는 기술의 도입이 필요하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 모두 해결하는 것을 그 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 위의 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 현재 시점으로부터 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하고, 위의 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 위의 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점으로부터 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하고, 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 위의 추정된 맥파전달시간 값 및 위의 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점에서의 수축기 혈압 또는 이완기 혈압을 산출함으로써, 시간 지연 없이 혈압을 산출할 수 있는 방법 및 시스템을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 대표적인 구성은 다음과 같다.

[0012] 본 발명의 일 태양에 따르면, 혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법으로서, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하는 단계, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 단계, 및 상기 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0013] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법으로서, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하는 단계, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 단계, 및 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0014] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 시스템으로서, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전

달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하고, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 편차 추정부, 및 상기 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출하는 혈압 산출부를 포함하는 시스템이 제공된다.

[0015] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 혈압을 실시간으로 모니터링하기 위한 시스템으로서, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하고, 상기 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 상기 산출된 편차의 추정값 및 상기 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 상기 현재 시점으로부터 상기 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 편차 추정부, 및 상기 추정된 맥파전달시간 값 및 상기 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여, 상기 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출하는 혈압 산출부를 포함하는 시스템이 제공된다.

[0016] 이 외에도, 본 발명을 구현하기 위한 다른 방법, 시스템 및 상기 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록하기 위한 비일시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체가 더 제공된다.

**발명의 효과**

[0017] 본 발명에 의하면, 최초 사용시에만 기설정된 시간 동안 심전도(ECG), 광전용적맥파(PPG), 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 등의 생체 신호를 측정하면, 그 이후의 사용부터는 수십 초에 달하는 오랜 시간을 기다리지 않고도 시간 지연 없이 정확하게 혈압을 산출할 수 있게 되는 효과가 달성된다.

**도면의 간단한 설명**

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 전체 시스템의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 혈압 모니터링 시스템(200)의 내부 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.  
 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 2분 동안 측정된 맥파전달시간 값 및 그 편차를 예시적으로 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0019] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0020] 이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0021] 전체 시스템의 구성

[0022] 이하, 본 발명에 따른 혈압 모니터링 시스템의 바람직한 실시예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0023] 도 1은 본 발명에 따른 전체 시스템의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

- [0024] 도 1에 도시되어 있는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전체 시스템은, 통신망(100), 혈압 모니터링 시스템(200) 및 디바이스(300)로 구성될 수 있다.
- [0025] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 통신망(100)은 유선 통신이나 무선 통신과 같은 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 근거리 통신망(LAN, Local Area Network), 도시권 통신망(MAN, Metropolitan Area Network), 광역 통신망(WAN, Wide Area Network) 등 다양한 통신망으로 구성될 수 있다. 바람직하게는, 본 명세서에서 말하는 통신망(100)은 와이파이(Wi-Fi), 와이파이 다이렉트(Wi-Fi Direct), LTE 다이렉트(LTE Direct), 블루투스(Bluetooth)와 같은 공지의 근거리 무선 통신망을 포함할 수 있다. 그러나, 통신망(100)은, 굳이 이에 국한될 필요 없이, 공지의 유무선 데이터 통신망, 공지의 전화망 또는 공지의 유무선 텔레비전 통신망을 그 적어도 일부에 있어서 포함할 수도 있다.
- [0026] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 혈압 모니터링 시스템(200)은 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 위의 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 현재 시점으로부터 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하고, 위의 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 위의 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점으로부터 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하고, 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 위의 추정된 맥파전달시간 값 및 위의 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점에서의 수축기 혈압 또는 이완기 혈압을 산출함으로써, 시간 지연 없이 혈압을 산출하는 기능을 수행한다.
- [0027] 혈압 모니터링 시스템(200)의 기능에 관하여는 아래에서 더 자세하게 알아보기로 한다. 한편, 혈압 모니터링 시스템(200)에 관하여 위와 같이 설명되었으나, 이러한 설명은 예시적인 것이고, 혈압 모니터링 시스템(200)에 요구되는 기능이나 구성요소의 적어도 일부가 필요에 따라 디바이스(300) 내에서 실현되거나 디바이스(300) 내에 포함될 수도 있음은 당업자에게 자명하다.
- [0028] 마지막으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 디바이스(300)는 혈압 모니터링 시스템(200)에 접속한 후 통신할 수 있는 기능을 포함하는 디지털 기기로서, 메모리 수단을 구비하고 마이크로 프로세서를 탑재하여 연산 능력을 갖춘 디지털 기기라면 얼마든지 본 발명에 따른 디바이스(300)로서 채택될 수 있다. 디바이스(300)는 스마트 글래스, 스마트 워치, 스마트 밴드, 스마트 링, 스마트 넥클리스 등과 같은 웨어러블 디바이스이거나 스마트폰, 스마트패드, 데스크탑 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 워크스테이션, PDA, 웹패드, 이동 전화기 등과 같은 다소 전통적인 디바이스일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 디바이스(300)는 인체로부터 혈압 모니터링을 위한 생체 신호를 측정하거나 혈압 모니터링에 관한 정보를 사용자에게 제공하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 디바이스(300)에는 본 발명에 따른 기능을 수행하기 위한 애플리케이션 프로그램이 더 포함되어 있을 수 있다. 이러한 애플리케이션은 해당 디바이스(300) 내에서 프로그램 모듈의 형태로 존재할 수 있다. 이러한 프로그램 모듈의 성격은 전술한 바와 같은 혈압 모니터링 시스템(200)의 편차 추정부(210), 혈압 산출부(220), 통신부(230) 및 제어부(240)와 전반적으로 유사할 수 있다. 여기서, 애플리케이션은 그 적어도 일부가 필요에 따라 그것과 실질적으로 동일하거나 균등한 기능을 수행할 수 있는 하드웨어 장치나 펌웨어 장치로 치환될 수도 있다.
- [0030] 혈압 모니터링 시스템의 구성
- [0031] 이하에서는, 본 발명의 구현을 위하여 중요한 기능을 수행하는 혈압 모니터링 시스템(200)의 내부 구성 및 각 구성요소의 기능에 대하여 살펴보기로 한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 혈압 모니터링 시스템의 내부 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 혈압 모니터링 시스템(200)은, 편차 추정부(210), 혈압 산출부(220), 통신부(230) 및 제어부(240)를 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 편차 추정부(210), 혈압 산출부(220), 통신부(230) 및 제어부(240)는 그 중 적어도 일부가 외부 시스템(미도시됨)과 통신하는 프로그램 모듈들일 수 있다. 이러한 프로그램 모듈들은 운영 시스템, 응용 프로그램 모듈 및 기타 프로그램 모듈의 형태로 혈압 모니터링 시스템(200)에 포함될 수 있으며, 물리적으로는 여러 가지 공지의 기억 장치 상에 저장될 수 있다. 또한, 이러한 프로그램 모듈들은 혈압 모니터링 시스템(200)과 통신 가능한 원격 기억 장치에 저장될 수도 있다. 한편, 이러한 프로그램 모듈들은 본 발명에 따라 후술할 특정 업무를 수행하거나 특정 추상 데이터



유형을 실행하는 루틴, 서브루틴, 프로그램, 오브젝트, 컴포넌트, 데이터 구조 등을 포괄하지만, 이에 제한되지는 않는다.

- [0034] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 편차 추정부(210)는 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간(PTT, Pulse Transit Time) 값을 참조로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 위의 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 맥파전달시간 값을 참조로 하여 현재 시점으로부터 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값을 추정하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0035] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 편차 추정부(210)는 기설정된 시간 동안 측정된 산소포화도(SpO<sub>2</sub>) 값을 참조로 하여 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출하고, 위의 산출된 편차의 추정값 및 현재 시점에서 측정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점으로부터 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값을 추정하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0036] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 위의 기설정된 시간, 즉, 최초 사용시에 맥파전달시간 값 및 산소포화도 값에 관한 충분한 데이터를 확보하기 위해 필요한 시간은 위의 제1 시간 간격 및 위의 제2 시간 간격 중 더 긴 시간 간격보다 길게 설정될 수 있다. 예를 들면, 본 발명에 따라 수축기 혈압을 산출하기 위해 필요한 제1 시간 간격 및 제2 시간 간격이 각각 8초 및 42초인 경우를 가정할 수 있는데, 이러한 경우 최초 사용시에 맥파전달시간 값 및 산소포화도 값을 측정하는 기설정된 시간은 42초보다 긴 시간으로 설정될 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 현재 시점으로부터 제1 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값은 현재 시점에 측정된 맥파전달시간 값에 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정될 수 있다. 마찬가지로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 현재 시점으로부터 제2 시간 간격이 지난 후의 시점에서 측정될 산소포화도 값은 현재 시점에 측정된 산소포화도 값에 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 더한 값으로 추정될 수 있다.
- [0038] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값은 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 평균값일 수 있다. 마찬가지로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값은 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 평균값일 수 있다.
- [0039] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 편차 추정부(220)는, 제1 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차의 추정값을 산출하거나 제2 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차의 추정값을 산출함에 있어서, 이상치에 해당하는 편차를 제외한 나머지 편차에 기초하여 편차의 추정값을 산출할 수 있다. 예를 들면, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간 값을 대상으로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정된 두 맥파전달시간 값 사이의 편차값을 구했을 때, 이들 편차값 중 하위 10%에 해당하는 편차값과 상위 10%에 해당하는 편차값은 제외한 나머지 80%에 해당하는 편차값에만 기초하여 편차의 추정값을 산출할 수 있다. 이를 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 편차 추정부(220)는, 기설정된 시간 동안 측정된 맥파전달시간 값을 대상으로 하여 제1 시간 간격을 두고 각각 측정된 두 맥파전달시간 값 사이의 편차값을 구했을 때, 이들 편차값을 소정의 기준(예를 들면, 오름차순 또는 내림차순 등)에 따라 정렬시킬 수 있다.
- [0040] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 혈압 추정부(220)는, 현재 시점에서 측정된 심전도신호(ECG) 값, 위의 추정된 맥파전달시간 값 및 위의 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 혈압 추정부(220)는, 위의 추정된 맥파전달시간 값 및 위의 추정된 산소포화도 값을 참조로 하여 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출할 수 있다.
- [0041] 이하에서는, 본 발명에 따라 수축기 혈압 또는 이완기 혈압을 산출하는 실시예에 대하여 자세하게 살펴보기로 한다.
- [0042] 일반적으로, 심전도신호 값, 맥파전달시간 값 또는 산소포화도 값을 참조로 하여 수축기 혈압(SBP)과 이완기 혈압(DBP)을 산출하는 수학적식은 각각 다음과 같은 수학적 식 1과 수학적 식 2로 나타낼 수 있다.
- [0043] <수학적 식 1>
- [0044]  $SBP(t) = (a \times ECG_{(t+24s)}) + (b \times 1/(PTT_{(t+32s)})) + (c \times 1/(SpO_{2(t+76s)})) + d$

- [0045] <수학식 2>
- [0046]  $DBP(t) = (e \times 1/(PTT_{(t+70s)})) + (f \times 1/(SpO_{2(t+100s)})) + g$
- [0047] 또한, 시간 이동(time shift)을 통해 수학식 1과 수학식 2를 단순화하면, 각각 다음의 수학식 3과 수학식 4로 나타낼 수 있다.
- [0048] <수학식 3>
- [0049]  $SBP(t') = (a \times ECG_{(t')} + (b \times 1/(PTT_{(t'+8s)})) + (c \times 1/(SpO_{2(t'+42s)})) + d$
- [0050] <수학식 4>
- [0051]  $DBP(t') = (e \times 1/(PTT_{(t'+46s)})) + (f \times 1/(SpO_{2(t'+76s)})) + g$
- [0052] 수학식 1 내지 수학식 4에서, SBP(t) 및 DBP(t)는 각각 수축기 혈압 및 이완기 혈압을 나타내고, ECG(t), PTT(t) 및 SpO<sub>2</sub>(t)는 각각 심전도신호 값, 맥파전달시간 값 및 산소포화도 값을 나타내고, a, b, c, d, e, f 및 g는 상수(혈압 측정 환경이나 혈압 측정 대상에 따라 달리 설정될 수 있음)를 나타낸다. 예를 들면, a, b, c, d, e, f 및 g는 각각 0.115, 4.132, 509.819, -454.111, -3.015, -304.556 및 410.62일 수 있다.
- [0053] 수학식 3을 참조하면, 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출하기 위해서는 현재 시점에서 측정된 심전도신호 값(ECG<sub>(t')</sub>)뿐만 아니라 현재 시점으로부터 8초 이후에 측정되는 맥파전달시간 값(PTT<sub>(t'+8s)</sub>)과 현재 시점으로부터 42초 이후에 측정되는 산소포화도 값(PTT<sub>(t'+42s)</sub>)도 필요하기 때문에, 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출하는 데 적어도 42초의 시간이 소요될 수 밖에 없다. 마찬가지로, 수학식 4를 참조하면, 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출하기 위해서는 현재 시점으로부터 46초 이후에 측정되는 맥파전달시간 값(PTT<sub>(t'+46s)</sub>)과 현재 시점으로부터 76초 이후에 측정되는 산소포화도 값(PTT<sub>(t'+76s)</sub>)이 필요하기 때문에, 현재 시점에서의 이완기 혈압을 산출하는 데 적어도 76초의 시간이 소요될 수 밖에 없다.
- [0054] 하지만, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 앞서 편차 추정부(210) 및 혈압 산출부(220)와 관련하여 설명한 바와 같이, 현재 시점으로부터 소정 시간 간격 이후의 시점에서 측정될 맥파전달시간 값 및 산소포화도 값을 추정할 수 있으므로, 위와 같이 수십 초에 달하는 시간 지연(time delay) 없이 현재 시점에서의 수축기 혈압과 이완기 혈압을 산출할 수 있게 된다.
- [0055] 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 2분 동안 측정된 맥파전달시간 값 및 그 편차를 각각 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [0056] 도 3은 2분(120초) 동안 제1 피실험자의 맥파전달시간을 측정한 결과를 나타낸 것인데, 도 3을 참조하면, 제1 피실험자의 맥파전달시간 값이 대부분 200msec에서 300msec 사이에 분포하는 것을 확인할 수 있다.
- [0057] 도 4는 위의 2분이라는 측정 시간 내에서 8초의 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 맥파전달시간 값 사이의 편차(PTT<sub>(t')</sub> - PTT<sub>(t'+8)</sub>)를 나타낸 것인데, 8초라는 시간 간격을 두고 각각 측정되는 맥파전달시간 값 사이의 편차의 평균값은 0에 가까운 것을 확인할 수 있으며, 구체적으로는, 그 편차의 평균값은 0.00214초인 것으로 확인되었다.
- [0058] 한편, 도시되어 있지는 않지만, 소정 시간 간격을 두고 각각 측정되는 두 산소포화도 값 사이의 편차 역시 도 3 및 도 4의 실시예에서와 마찬가지로 방법으로 추정될 수 있으며, 구체적으로, 42초의 시간 간격을 두고 각각 측정되는 산소포화도 값 사이의 편차(SpO<sub>2(t')</sub> - SpO<sub>2(t'+42)</sub>)의 평균값은 0.17%인 것으로 확인되었다.
- [0059] 따라서, 위의 예시에서는, 실제로 측정된 생체 신호 값을 이용하여 수축기 혈압을 산출하는 식인 수학식 3이 본 발명에 따라 편차의 평균값에 추정된 생체 신호 값을 이용하여 수축기 혈압을 산출하는 식인 수학식 5로 변환될

수 있다.

[0060]

<수학식 5>

[0061]

$$SBP(t') = (a \times ECG_{(t')}) + (b \times 1/(PTT_{(t')} - 0.00214)) + (c \times 1/(SpO_{2(t')} - 0.0017)) + d$$

[0062]

본 실시예에서, 시간 지연에 통해 실제로 측정된 생체 신호 값을 이용한 수학식 3에 의해 산출된 수축기 혈압은 127.1053mmHg이고, 편차의 평균값에 기초하여 추정된 생체 신호 값을 이용한 수학식 5에 의해 산출된 수축기 혈압은 125.7324mmHg인 것으로 확인되었다. 즉, 본 발명에 따라 추정된 생체 신호 값에 기초하여 산출된 수축기 혈압과 실제 생체 신호 값에 기초하여 산출된 수축기 혈압 사이의 오차율은 약 1% 내외에 불과한 것을 확인할 수 있다. 구체적으로 언급하지는 않았지만, 제1 피실험자 이외에 50여명의 피실험자에 대하여도 위의 실시예와 마찬가지로 방법으로 수축기 혈압을 산출해 보았으며, 그 결과, 본 발명에 따라 추정된 생체 신호 값에 기초하여 산출된 수축기 혈압과 실제 생체 신호 값에 기초하여 산출된 수축기 혈압 사이의 오차율이 평균적으로 1% 이내임을 확인할 수 있었다.

[0063]

따라서, 본 발명에 따르면, 시간 지연이 없으면서도 상당히 정확한 수준으로 현재 시점에서의 수축기 혈압을 산출할 수 있게 된다.

[0064]

이상에서는, 수축기 혈압을 산출하는 실시예에 대하여 주로 설명하였지만, 이러한 실시예는 이완기 혈압을 산출함에 있어서도 마찬가지로 적용될 수 있음을 밝혀 둔다.

[0065]

한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 통신부(230)는 혈압 모니터링 시스템(200)이 외부 장치와 통신할 수 있도록 하는 기능을 수행한다.

[0066]

마지막으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부(240)는 편차 추정부(210), 혈압 산출부(220) 및 통신부(230) 간의 데이터의 흐름을 제어하는 기능을 수행한다. 즉, 제어부(240)는 외부로부터의 또는 혈압 모니터링 시스템(200)의 각 구성요소 간의 데이터의 흐름을 제어함으로써, 편차 추정부(210), 혈압 산출부(220) 및 통신부(230)에서 각각 고유 기능을 수행하도록 제어한다.

[0067]

이상 설명된 본 발명에 따른 실시예들은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 비밀시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 비밀시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 비밀시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 비밀시성의 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0068]

이상에서 본 발명이 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 상기 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형을 꾀할 수 있다.

[0069]

따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하게 또는 등가적으로 변형된 모든 것들은 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

**부호의 설명**

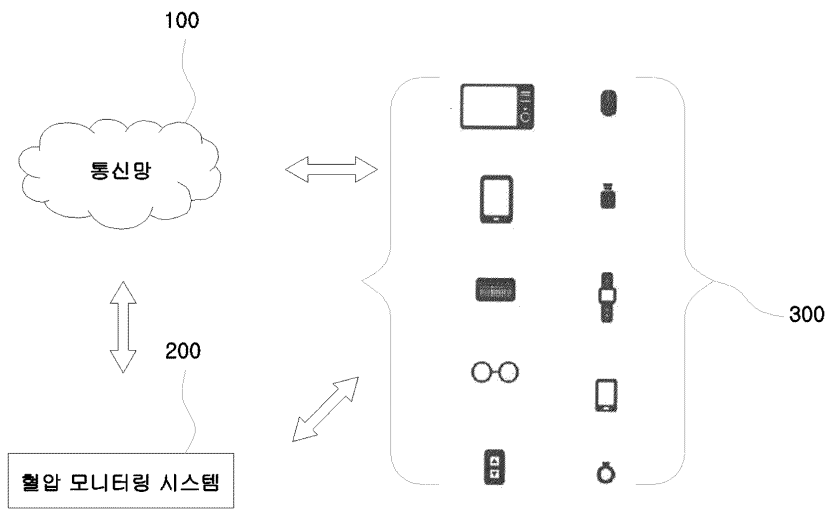
[0070]

100: 통신망

- 200: 혈압 모니터링 시스템
- 210: 편차 추정부
- 220: 혈압 산출부
- 230: 통신부
- 240: 제어부
- 300: 디바이스

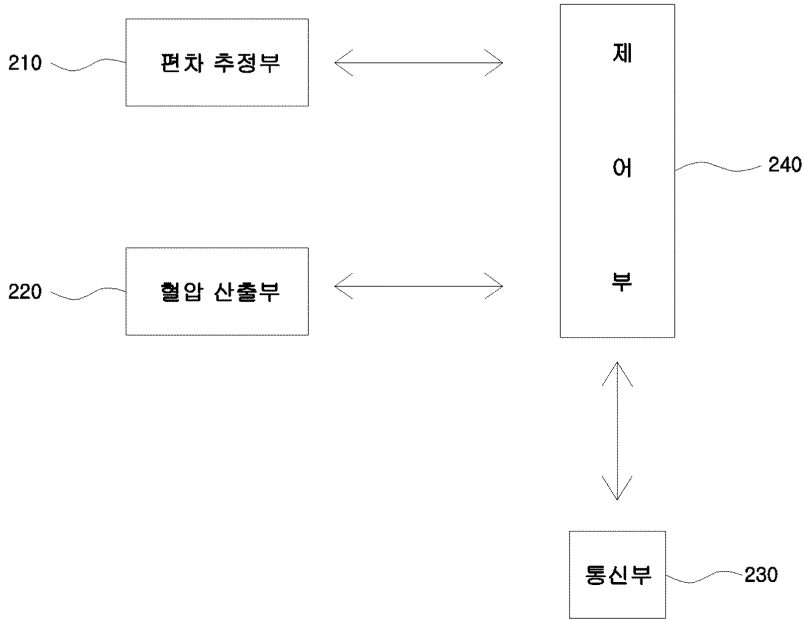
도면

도면1

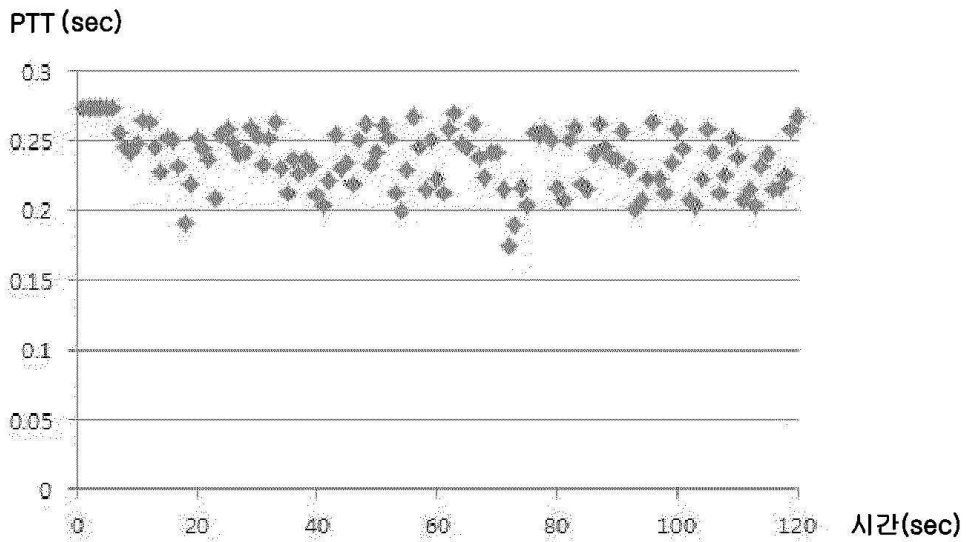


도면2

200



도면3



도면4

