

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2021-0097512  
(43) 공개일자 2021년08월09일(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/00 (2021.01) A61B 5/024 (2006.01)  
G06N 3/02 (2019.01)(52) CPC특허분류  
A61B 5/7275 (2013.01)  
A61B 5/02416 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0011304

(22) 출원일자 2020년01월30일

심사청구일자 2020년01월30일

(71) 출원인

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

(72) 발명자

고상백

강원도 원주시 봉화로 231, 210동 1303호(우산동, 한라비발디2차아파트)

이솔암

강원도 원주시 백간길 17, 104동 1903호(단계동, 원주 봉화산 벨라시티 아파트)

이현주

강원도 원주시 무실로 30

(74) 대리인

특허법인비엘티

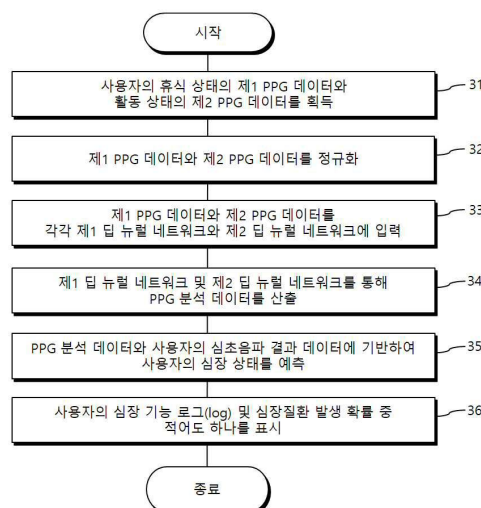
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측 방법

## (57) 요약

딥러닝 기반 중앙 치료 반응 예측 방법이 제공된다. 본 발명의 일 면에 따른 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법은, PPG(광용적맥파) 센서를 이용하여 사용자의 휴식 상태의 제1 PPG 데이터와 활동 상태의 제2 PPG 데이터를 획득하는 단계; 상기 제1 PPG 데이터와 상기 제2 PPG 데이터를 각각 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 입력하여, 상기 제1 딥 뉴럴 네트워크 및 상기 제2 딥 뉴럴 네트워크를 통해 PPG 분석 데이터를 산출하는 단계; 및 상기 PPG 분석 데이터와 상기 사용자의 심초음파 결과 데이터에 기반하여 사용자의 심장 상태를 예측하는 단계;를 포함한다.

## 대표도 - 도3



(52) CPC특허분류  
*G06N 3/02* (2019.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법에 있어서,  
PPG(광용적맥파) 센서를 이용하여 사용자의 휴식 상태의 제1 PPG 데이터와 활동 상태의 제2 PPG 데이터를 획득하는 단계;  
상기 제1 PPG 데이터와 상기 제2 PPG 데이터를 각각 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 입력하여, 상기 제1 딥 뉴럴 네트워크 및 상기 제2 딥 뉴럴 네트워크를 통해 PPG 분석 데이터를 산출하는 단계; 및  
상기 PPG 분석 데이터와 상기 사용자의 심조음과 결과 데이터에 기반하여 사용자의 심장 상태를 예측하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 사용자의 심장 상태 예측 결과에 기반하여 디스플레이를 통해 사용자의 심장 기능 로그(log) 및 심장질환 발생 확률 중 적어도 하나를 표시하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 제1 딥 뉴럴 네트워크와 상기 제2 딥 뉴럴 네트워크는 1차원 CNN(convolutioanal neural network) 또는 RNN(Recurrent Neural Network)인 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 제1 PPG 데이터와 상기 제2 PPG 데이터를 정규화하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 사용자의 인구학적 데이터 또는 임상학적 데이터를 추가로 획득하는 단계; 및  
상기 인구학적 데이터와 상기 임상학적 데이터를 추가로 고려하여 상기 사용자의 심장 상태를 예측하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 인구학적 데이터와 상기 임상학적 데이터를 정규화하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 7

제1 항에 있어서,  
상기 PPG 센서를 이용하여 PPG 데이터를 획득하는 단계; 및  
상기 PPG 데이터의 노이즈 구간의 길이 또는 미리 설정된 주기에 기반하여 상기 PPG 데이터를 상기 휴식 상태의 상기 제1 PPG 데이터와 상기 활동 상태의 상기 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

#### 청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 PPG 센서를 이용하여 PPG 데이터를 획득하는 단계;

상기 PPG 데이터를 분석하여 상기 사용자의 심박수를 획득하는 단계;

상기 사용자의 심박수와 미리 설정한 심박수 범위를 비교하는 단계; 및

상기 비교 결과에 기반하여 상기 PPG 데이터를 상기 휴식 상태의 상기 제1 PPG 데이터와 상기 활동 상태의 상기 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적 맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

## 청구항 9

제1 항에 있어서, 외부 장치로부터 상기 심초음파 결과 데이터를 수신하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법.

## 청구항 10

하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된, 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측 프로그램.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 딥러닝에 기반한 사용자 심장 상태 예측 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용하여 딥러닝을 수행한 결과에 기반하여 사용자 심장 상태를 예측하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 평소에 건강했던 사람들이 운동 중 돌연사, 스포츠사를 당하는 경우가 종종 발생하게 된다. 이러한 돌연사, 스포츠사는 대부분 잠재성 질환(허혈성 심질환, 협심증 등 심장 질환)으로 인한 사고로 판단되며, 이러한 경우는 보통 24~48시간 안에 사망하게 된다. 이러한 사고는 운동부하 검사를 통한 측정으로 잠재성 질환 유무를 확인하고, 운동의 범위를 결정하여 미연에 예방하는 것이 중요하다.

[0003] 운동에 의한 불행한 사고를 방지하기 위해서는 자기 체력에 맞는 적절한 운동이 필요하다. 운동자의 운동한계치 설정 및 적절한 운동량의 측정을 위해 운동 부하 측정은 필수 조건으로, 특히 40대 이후 지속적인 운동 시 반드시 운동자의 체력에 맞는 운동량 설정 및 운동부하의 측정을 통한 안전대책을 세우고 운동을 함으로 돌연사 및 스포츠사등의 불행한 사고를 방지할 수 있다.

[0004] 운동자의 운동부하를 측정하는 방법은 크게 2종류로 나눌 수 있다. 첫번째는 동적운동인 걷기, 달리기, 자전거 타기등에 의한 등장성 운동부하 측정이고, 두번째는 근육의 길이가 변함없이 장력만 증대시키는 등척성 운동부하이다. 일반적으로 등장성 운동부하에는 심박수가 산소섭취량과 상관이 있고, 심근 산소수요의 지표인 혈압나 심박수가 관여가 된다. 특수한 경우를 제외하고 운동부하시험은 등장성 운동부하시험을 많이 사용한다.

[0005] 통상적으로 등장성 운동부하를 측정하기 위해 사용되는 요소로는 심박수, 혈압, 산소섭취량, 환기량, 무산소성 역치, 호흡교환율, 안정시 대사량, 자각적 운동강도, 심전도, 목표심박수 등을 측정한다. 종래의 운동부하측정 방법은 주로 심박수의 경우 ECG(Electrocardiogram ; 심전도)를 이용하여 운동에서의 심박수의 변화를 측정하며, 산소섭취량은 운동시 호흡량을 측정하는 마스크를 안면에 쓰고 측정한다.

[0006] 그러나 이러한 운동부하 검사는 산소섭취량 및 호흡교환율 측정의 경우 고가의 장비가 필요하며, 운동자가 안면에 마스크를 쓰고 운동을 해야 하는 등 피측정자에게 불편하며, 용이한 측정이 어렵다는 단점이 있다. 또한, 도 1에 도시된 바와 같이 베이스라인 심전도, 스테이지 1(낮은 강도 또는 중강도 운동)의 심전도, 스테이지 2(고강도 운동)의 심전도 및 회복기의 심전도가 다르게 나오며 이는 개인마다 또 다르게 측정될 수 있다. 더욱이, 운동부하는 운동자의 각성 상태와 운동 상태를 대상으로 하여 운동자의 기저 상태의 반영에 영향을 주는 요인이 발생하였고 이는 측정치 오류의 원인이 되는 문제점이 있었다. 또한, 운동부하 검사는 특정 시기의 운동자의 상태만을 체크하는 것이므로 운동자 개개인의 전반적인 생활 습관에 따른 정확한 상태를 산출하기 어려운 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) (특허문헌 0001) KR 2009-0027390

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 사용자의 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용하여 사용자의 심장 상태를 정확하게 예측하는 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 면에 따른 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측방법은, PPG(광용적맥파) 센서를 이용하여 사용자의 휴식 상태의 제1 PPG 데이터와 활동 상태의 제2 PPG 데이터를 획득하는 단계; 상기 제1 PPG 데이터와 상기 제2 PPG 데이터를 각각 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 입력하여, 상기 제1 딥 뉴럴 네트워크 및 상기 제2 딥 뉴럴 네트워크를 통해 PPG 분석 데이터를 산출하는 단계; 및 상기 PPG 분석 데이터와 상기 사용자의 심조음과 결과 데이터에 기반하여 사용자의 심장 상태를 예측하는 단계;를 포함한다.

[0011] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

### 발명의 효과

[0012] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 아래와 같은 다양한 효과들을 가진다.

[0013] 본 발명은 휴식 상태와 활동 상태의 PPG 데이터를 활용함에 따라 사용자의 생활습관이 반영되어 심장 상태 예측의 정확도를 높일 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 PPG 분석 데이터와 심조음과 결과 데이터를 함께 활용함으로써 심장 상태 예측 결과의 신뢰성을 높일 수 있다.

[0015] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 기존 운동부하 검사에서 측정되는 심전도를 나타낸 예시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 장치를 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 PPG 데이터를 획득하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 PPG 데이터를 획득하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 방법을 설명하기 위한 블록도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 딥 뉴럴 네트워크를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서

로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0018] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0019] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0020] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성요소와 다른 구성요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들어, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)"또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

[0022] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 장치를 나타낸 블록도이다.

[0023] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 장치(100)는 획득한 PPG 데이터를 이용하여 사용자 심장 상태를 예측할 수 있다. 예를 들어, 사용자 심장 상태 예측 장치(100)는 휴식 상태와 활동 상태의 PPG 데이터와 딥 뉴럴 네트워크를 이용하여 PPG 분석 데이터를 출력할 수 있고, PPG 분석 데이터와 심초음파 결과 데이터를 이용하여 사용자 심장 상태를 예측할 수 있다.

[0024] 일 실시 예에서, 사용자 심장 상태 예측 장치(100)는 웨어러블 전자장치일 수 있고, 심장 상태 예측 방법을 설정할 수 있는 전용 프로그램이 설치될 수 있다. 예를 들어, 사용자 심장 상태 예측 장치(100)는 사용자의 PPG를 검출할 수 있는 PPG 센서(110), PPG 센서(110)로부터 PPG 데이터를 획득하고 외부 장치(200)로부터 심초음파 결과 데이터와 기타 데이터 등을 획득하는 데이터 획득부(120), 획득한 데이터들을 전처리(예: 정규화)하는 데이터 처리부(130), 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크를 통해 PPG 분석 데이터를 산출하는 딥 러닝부(140), PPG 분석 데이터와 심초음파 결과 데이터에 기반하여 사용자의 심장 상태를 예측하는 심장 상태 판단부(150) 및 PPG 데이터, PPG 분석 데이터, 심초음파 결과 데이터, 학습 결과 등을 저장하는 데이터베이스(160) 및 사용자에게 메시지를 표시할 수 있는 디스플레이(170)를 포함할 수 있다.

[0025] 예를 들어, PPG 센서(110)는 스마트 시계의 본체와 분리되어 시계줄에 장착된 상태로 구현될 수 있다. 이 경우, 사용자가 스마트 시계를 손목에 착용하면 시계줄에 장착된 PPG 센서는 사용자의 손목에 밀착되어 손목에서의 맥박 감지를 통해 사용자의 광용적맥파를 획득하게 된다.

[0026] 또한, 사용자 심장 상태 예측 장치(100)는 스피커를 통해 사용자에게 심장 건강 상태가 비정상임을 청각적으로 경고할 수 있다.

[0027] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 사용자 심장 상태 예측 장치는, 전자 장치는 스마트폰(smartphone), 태블릿 PC(tablet personal computer), 이동 전화기(mobile phone), 화상전화기, 전자북 리더기(e-book reader), 데스크탑 PC(desktop personal computer), 랩탑 PC(laptop personal computer), 넷북 컴퓨터(netbook computer), PDA(personal digital assistant), PMP(portable multimedia player), MP3 플레이어, 모바일 의료기기, 카메라(camera), 또는 웨어러블 장치(wearable device)(예: 전자 안경과 같은 head-mounted-device(HMD), 전자 의복,



전자 팔찌, 전자 목걸이, 전자 액세서리(appessory), 전자 문신, 또는 스마트 워치(smart watch))중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0028] 또한, 외부 장치(200)는 각종 의료 데이터가 저장된 서버 또는 의료 기기일 수 있다.

[0029] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 PPG 데이터를 획득하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 PPG 데이터를 획득하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다. 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 심장 상태 예측 방법을 설명하기 위한 블록도이다. 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 딥 뉴럴 네트워크를 나타낸 도면이다.

[0030] 도 3 내지 도 7을 참조하면, 일 실시 예에서, 동작 31에서, PPG 센서(110)는 사용자의 휴식 상태의 제1 PPG 데이터와 활동 상태의 제2 PPG 데이터를 획득할 수 있고, 획득한 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터를 데이터 획득부(120)에 전송할 수 있다. 예를 들어, 광용적맥파(PPG)는 혈관의 혈류량이 심박이 뛰에 따라 주기적으로 변화함을 이용한 것으로, 혈류량에 따라 인체 외부에서 입사한 빛이 반사되는 양이 달라짐을 이용하여 반사된 광량을 측정하여 심박을 추정하는 것이다.

[0031] 예를 들어, PPG 센서(110)는 소정 시간 간격(예: 15분)마다 생체신호를 측정하도록 제어하여 측정된 생체신호를 학습데이터로 수집할 수 있다.

[0032] 일 실시 예에서, 데이터 획득부(120)는 도 4의 동작에 따라 획득한 PPG 데이터를 휴식 상태의 제1 PPG 데이터 또는 활동 상태의 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이 PPG 데이터는 좌측의 휴식 상태 데이터와 우측의 활동 상태의 데이터가 서로 상이하므로 사용자의 생활습관이 반영된 심장 상태를 정확히 예측하기 위해 PPG 데이터를 휴식 상태와 활동 상태로 구분하여 학습할 필요가 있다.

[0033] 구체적으로, 일 실시 예에서, 동작 41에서, 데이터 획득부(120)는 PPG 센서(110)를 이용하여 PPG 데이터를 획득할 수 있다.

[0034] 일 실시 예에서, 동작 42에서, 데이터 획득부(120)는 PPG 데이터의 노이즈 구간의 길이, 미리 설정된 주기 또는 사용자의 심박수를 확인할 수 있다.

[0035] 일 실시 예에서, 동작 43에서, 데이터 획득부(120)는 PPG 데이터의 노이즈 구간의 길이 또는 미리 설정된 주기에 기반하여 상기 PPG 데이터를 상기 휴식 상태의 상기 제1 PPG 데이터와 상기 활동 상태의 상기 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장할 수 있다. 즉, PPG 데이터의 노이즈 구간의 길이가 지정된 길이 이상으로 길 경우 사용자가 활동 상태라고 판단할 수 있고 지정된 길이보다 작을 경우 휴식 상태로 판단할 수 있다. 또는 미리 설정된 주기에 따라 현재 사용자가 잠을 자는 등의 휴식 상태로 판단하거나 활동 상태로 판단할 수 있다.

[0036] 또한, 이와 달리 데이터 획득부(120)는 사용자의 심박수와 미리 설정한 심박수 범위를 비교할 수 있고, 비교 결과에 기반하여 PPG 데이터를 휴식 상태의 제1 PPG 데이터와 활동 상태의 상기 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장할 수 있다.

[0037] 일 실시 예에서, 동작 32에서, 데이터 처리부(130)는 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터를 정규화할 수 있다. 예를 들어, 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터들은 원본 데이터 그대로 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 각각 입력하기 불가능할 수 있으므로 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터에 전처리 동작이 수행되고, 표준화 학습 데이터가 생성될 수 있다. 즉, 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터간기능 평가 데이터와 기타 데이터는 전처리 동작을 통해 심층 신경망에 입력될 수 있는 표준화된 형태(즉, 표준화 학습 데이터)로 변형될 수 있다. 예를 들어, 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터는 미리 정해진 규칙에 따라 수치값으로 변환되고, 변환된 수치값은 심층 신경망의 입력값으로 사용되기 위해 벡터로 변환될 수 있다. 즉, 정규화 동작은 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터의 본래 의미에 영향을 주지 않는 범위에서 심층 신경망에 적합하게 변경하는 동작을 나타낸다.

[0038] 일 실시 예에서, 동작 33에서, 딥 러닝부(140)는 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터를 각각 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 입력할 수 있다. 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터는 각각 휴식 상태와 활동 상태를 나타내는 서로 다른 데이터이므로 서로 다른 딥 뉴럴 네트워크로 학습을 진행하는 것이 정확도 측면에서 유리할 수 있다. 예를 들어, 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크는 1차원 CNN(convolutioanal neural network) 또는 RNN(Recurrent Neural Network)일 수 있다. 예를 들어, 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크의 입력값은 각각 제1 PPG 데이터와 제2 PPG 데이터이고 출력값은 각각의 분석데이터일 수 있고, 정답값은 실제로 의사 등이 PPG를 분석한 데이터일 수 있다.

- [0039] 예를 들어, RNN(Recurrent Neural Network)은 한개 이상의 특징값(벡터)가 입력되며, 새롭게 입력된 특징값에 이전에 입력된 특징 값에 대한 은닉층 또는 출력층의 출력값도 함께 입력되는 특징을 가지고 있다. 1차원 CNN(Convolutional Neural Network)은 1차원의 벡터 또는 행렬을 입력으로 받으며, 일반적인 ANN 단계 이전에 Convolution단계 또는 pooling단계 등이 이루어질 수 있다. Convolution 단계에서는 가중치(weight)를 가진 다차원의 행렬과 convolution 연산을 수행한다. pooling 단계에는 max pooling 또는 mean pooling 방식이 있다.
- [0040] 예컨대, 1차원 CNN의 경우, 가중치(weight)를 다르게 부여한 1차원 필터를 이용하여 이미지 데이터로부터 1차원적 특징들을 보다 용이하게 추출할 수 있다. 예컨대, 주파수 대역별로 특징이 다른 이미지 데이터가 있는 경우, 각각의 시간 구간에 대하여 주파수 대역별로 다른 가중치를 갖는 1차원 필터를 이미지 데이터에 적용하여 2D CNN에 비해 좀더 세밀하게 주파수에 대한 특징을 추출할 수 있다.
- [0041] 예를 들어, 제1 딥 뉴럴 네트워크가 1차원 CNN일 경우, 도 7에 도시된 바와 같이 제1 딥 뉴럴 네트워크는 11개의 컨벌루션 레이어(convolution layer), 1개의 완전 연결 계층(fully-connected layer), 4개의 맥스 풀링 레이어(max-pooling layer) 및 드롭 아웃 레이어(dropout layer)를 포함할 수 있다. 여기서 드롭 아웃 레이어는 첫 번째 컨벌루션 레이어와 마지막 컨벌루션 레이어를 제외하고 배치될 수 있다. 컨벌루션 레이어는 심전도 데이터(1 x 3000 x L)가 입력될 수 있고 1 x 16 크기의 64개 또는 32개의 필터를 가질 수 있다. 컨벌루션 레이어들은 입력 심전도 신호에 대해 합성곱을 수행하는 계층이며, 맥스 풀링 레이어는 주어진 영역에서 최대값을 선택하여 정보의 크기를 줄일 수 있고, 드롭 아웃 레이어는 과적합 방지를 위하여 한 레이어의 뉴론들에서 그 다음 레이어의 뉴론들로 연결되는 연결망 중 일정 비율만 선택할 수 있다. 완전 연결 레이어는 한 레이어의 뉴론들과 그 다음 레이어의 뉴론들 모두를 연결하는 변환을 할 수 있다.
- [0042] 한편, 딥 러닝부(140)는 사용자의 인구학적 데이터와 임상학적 데이터를 추가로 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 입력할 수 있다. 예를 들어, 심장 상태 예측 장치(100)는 사용자의 인구학적 데이터 또는 임상학적 데이터를 추가로 획득할 수 있고, 인구학적 데이터와 임상학적 데이터를 추가로 고려하여 사용자의 심장 상태를 예측할 수 있다. 예를 들어, 인구학적 데이터는 환자 성별, 환자 나이 및 가구 수입 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 임상학적 데이터는 가족력, 과거 병력(예: 고혈압, 당뇨병, 비만, 대사성증후군), 음주력, 흡연력, 신체 활동, 식습관, 생활습관, 신장, 체중, 혈액 수치 및 콜레스테롤 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0043] 한편, 인구학적 데이터와 임상학적 데이터는 앞서 설명한 PPG 데이터처럼 정규화하는 과정이 적용될 수 있다.
- [0044] 한편, 도면에 도시된 바와 달리, 사용자의 인구학적 데이터와 임상학적 데이터는 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크의 입력값으로 이용되지 않고 직접 심장 상태 판단부(150)에 입력되어 심장 상태 예측의 자료로 이용될 수 있다.
- [0045] 일 실시 예에서, 동작 34에서, 딥 러닝부(140)는 제1 딥 뉴럴 네트워크 및 제2 딥 뉴럴 네트워크를 통해 PPG 분석 데이터를 산출할 수 있다. 예컨대, 딥 러닝부(140)는 제1 PPG 데이터가 입력되어 제1 딥 뉴럴 네트워크에서 출력된 제1 결과 값과 제2 PPG 데이터가 입력되어 제2 딥 뉴럴 네트워크에서 출력된 제2 결과 값을 결합(concatenate)함으로써 PPG 분석 데이터를 산출할 수 있다. 여기서 결합 방식은 단순 평균, 가중(weighted) 평균, 다수 투표(majority voting) 등이 적용될 수 있다.
- [0046] 예를 들어, PPG 분석 데이터는 사용자의 심박수, 체온, 스트레스 정도, PPG 정상 파형 대비 비정상 또는 왜곡된 정도를 포함할 수 있다.
- [0047] 일 실시 예에서, 동작 35에서, 심장 상태 판단부(150)는 PPG 분석 데이터와 사용자의 심초음파 결과 데이터에 기반하여 사용자의 심장 상태를 예측할 수 있다. 예를 들어, 심장 상태 판단부(150)는 외부 장치(200)로부터 사용자의 심초음파 결과 데이터를 수신할 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 심초음파는 심장 질환을 진단하는 방법의 하나로, 초음파 검사기를 이용하여 심장을 향해 초음파 신호를 전달하고, 체내의 조직에서 반사된 초음파 신호의 정보로부터 심장의 단층에 관한 화상을 얻는 방법이 사용된다. 이 때, 초음파 검사기로부터 얻어진 초음파 화상을 분석하여, 심벽의 각 세그먼트의 수축 및 수축 속도와 같은 조직 변형 특성을 디스플레이하는 것은 수축 및 이완하는 근육의 능력에 대한 직접적이고 정량적인 측정 기준을 제공한다. 여기서 외부 장치(200)는 초음파 영상장치일 수 있고, 대상체의 체표로부터 체내의 타겟 부위를 향하여 초음파 신호를 조사하고, 반사된 초음파 신호(초음파 에코신호)의 정보를 이용하여 연부조직의 단층이나 혈류에 관한 이미지를 무침습으로 얻는 장치일 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 심초음파 결과 데이터는 체내의 대상체를 향하여 초음파 신호를 전송함에 따라서 수신되는 체내의



조직에서 반사된 초음파 신호의 정보를 이용하여, 연부조직의 단층이나 혈류에 관한 이미지 및 근육의 수축도와 같은 특성값을 포함할 수 있다. 또한, 심초음파 결과 데이터는 심근의 움직임 정보를 포함할 수 있다. 심근의 움직임 정보로는 심근의 스트레인(strain), 다시 말해 심근의 변형률, 혹은 심근의 스트레인(strain)의 분포 상황, 및 심근의 스트레스(stress) 등을 예로 들 수 있다.

- [0050] 이와 같이 심장 상태 판단부(150)는 PPG 분석 데이터와 심초음파 결과 데이터에 포함된 각종 정보(예: 심장 박동 수, 혈류 이미지, 근육 수축도 등)을 종합적으로 고려하여 심장질환 여부를 판별한다.
- [0051] 예컨대, 심장 상태 판단부(150)는 사용자가 정상 상태인 경우의 심장 박동수를 기준으로 일정한 수를 가감한 하한 임계치 및 상한 임계치를 포함한 심장 박동 기준 정보를 미리 설정할 수 있고, 만약 사용자의 심장 박동수가 이 하한 임계치 미만이거나 상한 임계치를 초과하는 경우, 사용자는 심장 건강 상태가 비정상인 위급 상황에 처해 있다고 판단할 수 있다.
- [0052] 다른 예로, 심장 박동 기준 정보는 사용자의 심장 박동수가 갖는 고유한 변화 패턴 및 이 고유한 변화 패턴에 대한 허용 편차 범위를 포함하여 구성될 수 있다. 이 경우, 사용자의 심장 박동수의 변화 패턴이 허용된 편차 범위를 벗어나는 경우, 사용자는 심장 건강 상태가 비정상인 위급 상황에 처해 있다고 판단할 수 있다.
- [0053] 한편, 심장 상태 판단부(150)가 출력하는 심장 상태 예측 결과는 확률 값이고 0~1의 범위일 수 있다. 만약 심장 상태 예측 결과 값이 1에 가까우면 사용자는 심장 질환이 있는 것으로 진단하고, 0에 가까우면 정상 상태에 있는 것으로 진단할 수 있다.
- [0054] 일 실시 예에서, 동작 36에서, 사용자 심장 상태 예측 장치(100)는 사용자의 심장 상태 예측 결과에 기반하여 디스플레이(170)를 통해 사용자의 심장 기능 로그(log) 및 심장질환 발생 확률 중 적어도 하나를 표시할 수 있다.
- [0055] 예를 들어, 디스플레이(170)는 심장 기능 로그에 대응하는 "지난달에 비해 심장 기능이 몇%만큼 변화가 있었습니까"라는 메시지를 표시하거나 심장질환 발생 확률에 대응하는 "지난달에 비해 심부전이 발생할 가능성이 몇%만큼 변했습니다"라는 메시지를 표시할 수 있다.
- [0056] 이와 같이 본 발명은 사용자의 전반적인 생활을 반영하여 심장 상태를 정확하게 예측할 수 있다.
- [0057] 본 발명의 일 면에 따른 휴식 상태와 활동 상태의 광역적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측 방법은, PPG(광역적맥파) 센서를 이용하여 사용자의 휴식 상태의 제1 PPG 데이터와 활동 상태의 제2 PPG 데이터를 획득하는 단계; 상기 제1 PPG 데이터와 상기 제2 PPG 데이터를 각각 제1 딥 뉴럴 네트워크와 제2 딥 뉴럴 네트워크에 입력하여, 상기 제1 딥 뉴럴 네트워크 및 상기 제2 딥 뉴럴 네트워크를 통해 PPG 분석 데이터를 산출하는 단계; 및 상기 PPG 분석 데이터와 상기 사용자의 심초음파 결과 데이터에 기반하여 사용자의 심장 상태를 예측하는 단계;를 포함한다.
- [0058] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 사용자의 심장 상태 예측 결과에 기반하여 디스플레이를 통해 사용자의 심장 기능 로그(log) 및 심장질환 발생 확률 중 적어도 하나를 표시할 수 있다.
- [0059] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 제1 딥 뉴럴 네트워크와 상기 제2 딥 뉴럴 네트워크는 1차원 CNN(convolutioanal neural network) 또는 RNN(Recurrent Neural Network)일 수 있다.
- [0060] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 제1 PPG 데이터와 상기 제2 PPG 데이터를 정규화하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0061] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 사용자의 인구학적 데이터 또는 임상학적 데이터를 추가로 획득하는 단계; 및 상기 인구학적 데이터와 상기 임상학적 데이터를 추가로 고려하여 상기 사용자의 심장 상태를 예측하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0062] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 인구학적 데이터와 상기 임상학적 데이터를 정규화하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0063] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 PPG 센서를 이용하여 PPG 데이터를 획득하는 단계; 및 상기 PPG 데이터의 노이즈 구간의 길이 또는 미리 설정된 주기에 기반하여 상기 PPG 데이터를 상기 휴식 상태의 상기 제1 PPG 데이터와 상기 활동 상태의 상기 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0064] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 PPG 센서를 이용하여 PPG 데이터를 획득하는 단계; 상기 PPG 데이터를 분석하여

상기 사용자의 심박수를 획득하는 단계; 상기 사용자의 심박수와 미리 설정한 심박수 범위를 비교하는 단계; 및 상기 비교 결과에 기반하여 상기 PPG 데이터를 상기 휴식 상태의 상기 제1 PPG 데이터와 상기 활동 상태의 상기 제2 PPG 데이터로 구분하여 저장하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0065] 다양한 실시 예에 따르면, 외부 장치로부터 상기 심초음파 결과 데이터를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0066] 다양한 실시 예에 따르면, 휴식 상태와 활동 상태의 광용적맥파를 활용한 사용자 심장 상태 예측 프로그램은 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장될 수 있다.

[0067] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.

[0068] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이지 않은 것으로 이해해야만 한다.

## 부호의 설명

[0069] 100 : 사용자 심장 상태 예측 장치

110 : PPG 센서

120 : 데이터 획득부

130 : 데이터 처리부

140 : 딥러닝부

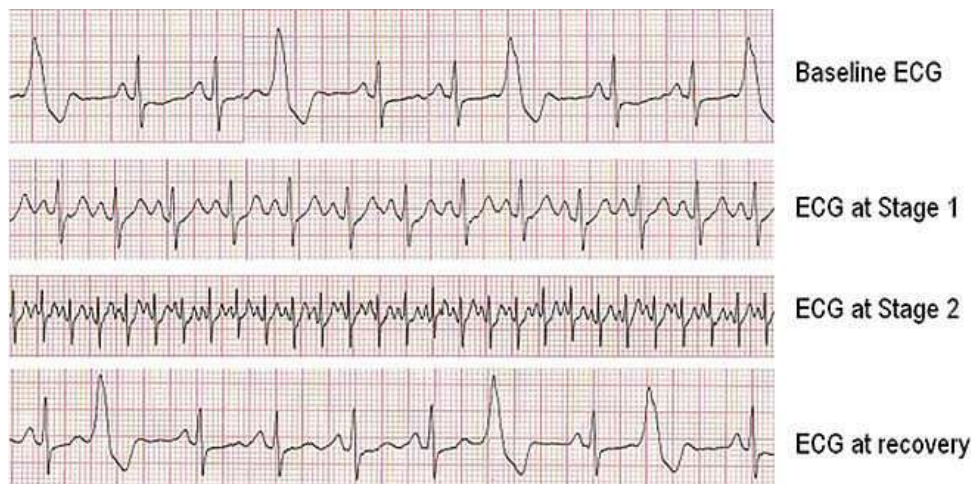
150 : 심장 상태 판단부

160 : 데이터베이스

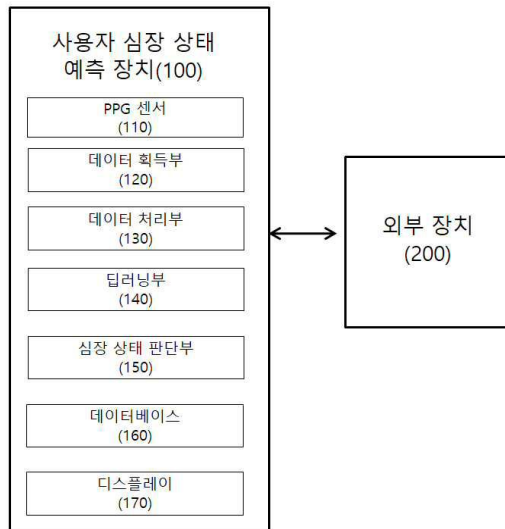
170 : 디스플레이

## 도면

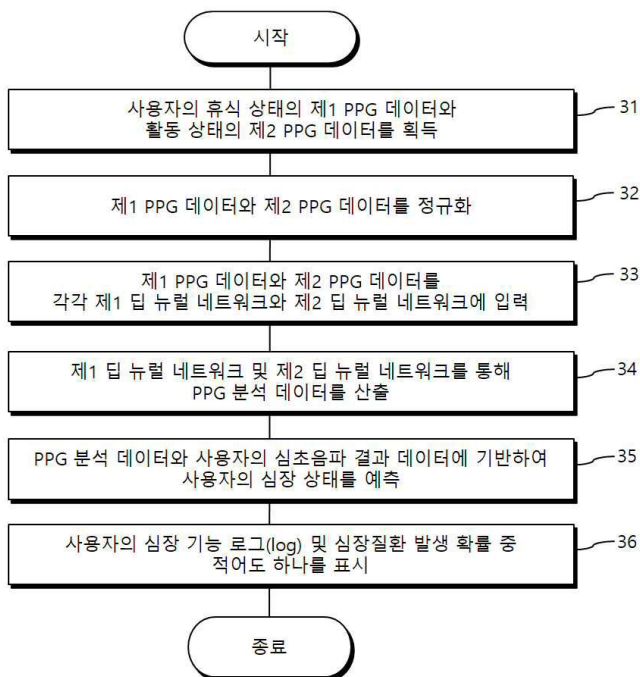
### 도면1



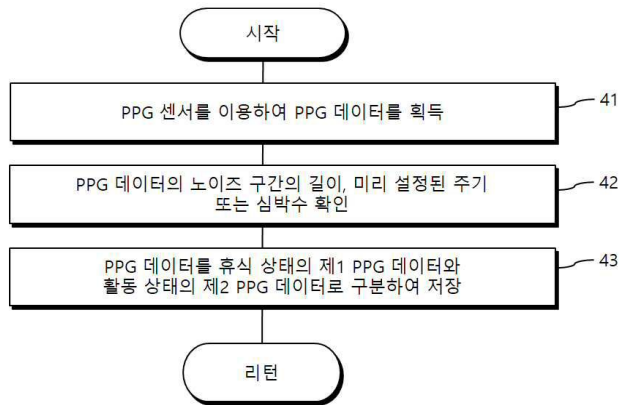
도면2



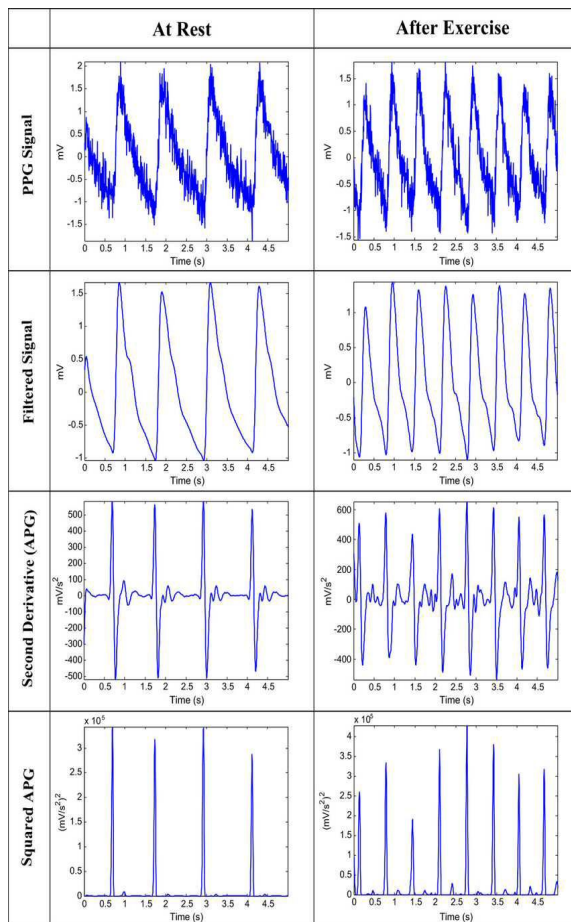
도면3



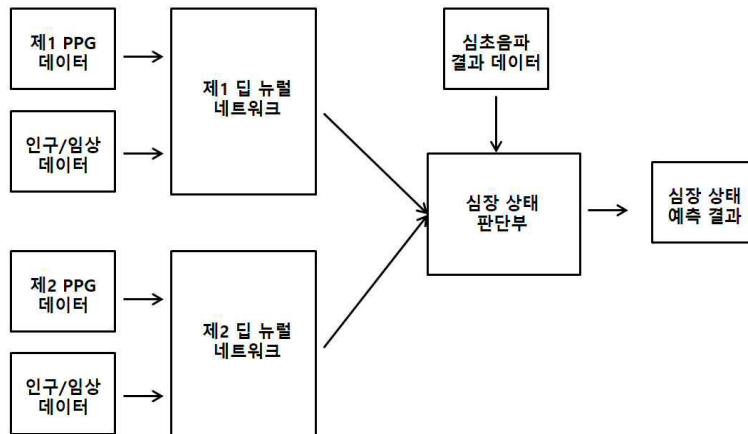
도면4



도면5



도면6



도면7

