(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110477864 A
(43)申请公布日 2019.11.22

(21)申请号 201910727339.4

(22)申请日 2019.08.07

(71)申请人 王满
地址 北京市门头沟区石门营新区五区6号楼2单元602
申请人 王江源

(72)发明人 王江源 王满

(74)专利代理机构 昆明知道专利事务所(特殊普通合伙企业) 53116
代理人 姜开侠 姜开远

(51)Int.Cl.
*A61B 5/00*(2006.01)
*A61B 5/024*(2006.01)
*A61B 5/029*(2006.01)
*A61B 5/11*(2006.01)

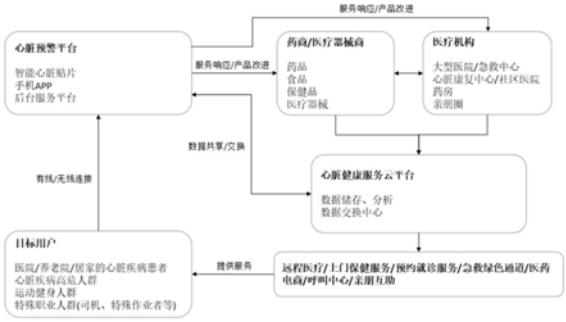
权利要求书4页 说明书10页 附图7页

(54)发明名称

一种基于心脏功能动态监测与分析的管理服务系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统及方法,所述系统包括有心脏健康服务云平台,其连接的心脏功能智能监测预警装置、智能移动终端、与医养服务机构信息平台连接的管理子系统。本发明采用便携式智能可穿戴设备对心脏机械振动进行体外监测,实时非侵入地获取心脏的振动信息,结合数字处理、机器学习和人工智能技术模式识别和智能诊断,早期发现心脏物理结构和搏动节律异常,如瓣膜病变、心脏壁的运动异常、心脏射血分数改变、心律失常等。结合预警报告系统,实现心脏疾病早预警与及时医护的目的。对严重心律失常、心绞痛、急性心肌梗死的早期预警监测,对照手术后康复监测,居家养老人群,体育运动人群的日常监护有着重大意义。




CN 110477864 A

1.一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统，所述系统为心脏健康服务云平台，其特征在于，包括心脏功能智能监测预警装置、智能信息接收装置，

所述心脏功能智能监测预警装置包括传感器装置、智能芯片装置，其置于人体胸壁，用于对心脏振动进行实时监测、数据处理与分析，发现预警事件，并通过无线传输协议，把心脏状态分析诊断结果传输到智能信息接收装置；心脏功能智能监测预警装置本身亦有发出预警的功能；

所述智能信息接收装置，用于接收来自心脏功能智能监测预警装置的实时更新预警信息，判断使用者的心脏功能状态，及时作出响应与处置。

2.根据权利要求1所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统，其特征在于，

所述传感器装置，包括三轴加速度计、三轴陀螺仪、麦克风、温度传感器及定位装置，用于采集胸部直线加速度、旋转角速度、心音、温度和位置信息；

所述智能芯片装置包括传感器接口装置、数据压缩采集装置、人工智能算法装置、人工智能诊断分析装置、加密装置、存储器装置、微处理器、无线数据通讯装置、电源管理装置，被压缩、固化于芯片中或存储于片上闪存存储器里，用于实时处理心脏功能数据，进行数模转换，分析、存储、实时数据计算推演，发现预警事件，将推演结果存储、分发至平台和/或智能移动终端装置，并实时响应。

3.根据权利要求1所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统，其特征在于，

所述传感器接口装置，用于采集振动传感器数据；

所述数据压缩采集装置，用于数据进行压缩处理；

所述人工智能算法装置，基于压缩感知计算、连续小波变换和卷积神经网络的端到端的嵌入式人工智能算法装置，用于对来自传感器信号的计算、分析、特征提取、模式识别与分类，给出诊断结果；

所述人工智能诊断分析装置，用于采集临床心脏振动数据，每份数据都由多位心脏专家分析诊断确认，专家的意见和诊断结果是机器学习系统的目标，它基于心脏物理属性，通过学习得到模型，从而不断优化人工智能分析结果；

所述身份识别装置，用于提取心脏振动图谱的特征，与数据库中存储的特征进行对比，以确定用户的身份；

所述预警装置，基于片上预警逻辑电路，一旦收到人工智能算法的报警信号，就会驱动心脏功能智能监测预警装置上的LED报警灯和蜂鸣器；

所述数据加密装置，用于数据加密，防止数据被非法截获或篡改；

所述存储器装置，暂存采集信息及计算结果；

所述微处理器承担计算任务及流程控制；

所述电源管理装置，为纽扣型电池，用于为系统供电，使蓝牙等通讯模块在无预警时处于休眠状态，一旦出现预警，通讯模块将被唤醒并开始传输数据；

所述的无线数据通讯装置，用于数据传输，基于“事件驱动”模式，即智能芯片一旦检测到心脏异常事件发生，就会记录下事件的类型和时间，发送给片上预警模块、存储事件，依据无线通讯协议传输到云端及后台服务云平台；并支持蓝牙等协议同步传输到就近的移动

终端或服务器。

4.根据权利要求1所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统，其特征在于，所述智能移动终端装置，实时可视化关注心脏健康状况，获取个性化科普内容及疾病建议，查询历史报告，管理健康档案，添加和联系监护人及医生，以及获取早期预警信息；可用于帮助医生管理和监测用户的心脏健康情况；

所述后台数据存储分装置，包括基于云服务器搭建后台数据库，统一记录用户的账户和健康数据，便于查询和分析以及多端同步；

所述定位装置为GPS或北斗定位装置，用于自动定位并提供用户的位置信息，保证用户突发状况失去知觉时也能得到及时救治。

5.根据权利要求1所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统，其特征在于，所述智能信息接收装置为医养服务机构信息服务平台，其存储使用者的基本信息，包括年龄、性别、体重、病史、尤其心脏状态信息及医疗情况，用药情况、过敏史；并实时更新相关信息；并在必要时且在使用者授权的前提下将必要信息发送至健康信息云平台，并作为使用者的基本信息进行存储，以备后续使用；

智能信息接收装置为移动智能终端，包括使用者本人，亲属或朋友使用的移动信息接收装置，与心脏健康服务云平台数据交互、朋友互助信息、提醒与救急帮助，以备需要时使用且实时更新、存储相关信息；

智能信息接收装置为医药保健商务信息子系统，与心脏健康服务云平台数据交互、商品信息及订购与物流服务，以备提供后续服务使用且实时更新、存储相关信息。

6.根据权利要求1所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统，其特征在于，

所述的嵌入式人工智能算法装置，采取压缩感知的采样方式，，直接在压缩信号上进行数据处理操作；数字滤波和小波变换等预处理和特征提取技术可以转换为矩阵变换；所述的原始信号为列向量x，变换矩阵为H，提取的特征向量为y，则有：

$$\mathbf{y} = \mathbf{Hx}$$

所述嵌入式人工智能算法装置采取压缩感知+压缩域计算方式，基于心脏振动信号在小波变换基下的稀疏状态，可采用压缩感知对数据进行压缩，过程如下：

步骤1：采集长度为N的原始信号，作为列向量$x_{N\times 1}$，即：

$$\mathbf{x_{Nx1}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

步骤二：构造观测矩阵$\Phi_{M\times N}$(M<<N)，采用二元置换块对角矩阵(Binary Permuted Block Diagonal matrix, BPBD)，该矩阵有2M个1元素，其余元素均为0，

$$\mathbf{\Phi_{MxN}} = \begin{bmatrix} 1\ 1 & & & \\ & 1\ 1 & & \\ & & \cdots & \\ & & & 1\ 1 \end{bmatrix}_{\mathbf{MxN}}$$

步骤三:计算压缩信号Φx:

$$\mathbf{\Phi_{MxN}x_{Nx1}} = \begin{bmatrix} 1\ 1 & & & \\ & 1\ 1 & & \\ & & \cdots & \\ & & & 1\ 1 \end{bmatrix}_{\mathbf{MxN}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_N \end{bmatrix}_{\mathbf{Nx1}}$$

所述嵌入式人工智能算法装置采取在压缩信号上直接进行滤波和特征提取操作,此时的变换矩阵可以由变换得到:

$$\hat{\mathbf{H}} = \sqrt{N/M}(\mathbf{S^{-1}V^T})$$

$$\mathbf{USV^T} = SVD(\mathbf{D})$$

其中S和V为奇异值分解得到的矩阵:

$$\mathbf{D} = (\mathbf{\Phi H^{-1}})^{\mathbf{T}}$$

将常规的滤波器矩阵根据上式进行转换后,即可实现在压缩域的滤波计算。

7.根据权利要求1所述的基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统,其特征在于,所述无线数据通讯装置采用无线方式进行数据传输,将发现的预警事件的相关信息经过256位AES加密后传送给蓝牙模块,或WiFi、4G、5G、NFC、NB-IoT模块,将无线信号通过隐形式天线发送;

所述微处理器采用片上系统SoC实现,SoC芯片中既包含处理器又包含存储器及外围电路,单个芯片就能实现数据的采集、转换、存储、处理和输入/输出等多种功能;

所述微处理器为MCU、专用集成芯片ASIC或现场可编程门阵列FPGA;所述电源管理装置包括纽扣型电池,并通过相关插口对系统供电;所述预警装置通过相关插口启动外置蜂鸣器、LED灯或液晶显示屏报警。

8.一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1)将包括有传感器装置、智能芯片装置的心脏功能智能监测预警装置置于人体胸壁,通过其对心脏振动进行实时监测、数据处理与分析,发现预警事件,并通过无线传输协议,把心脏状态分析诊断结果传输到智能信息接收装置;

(2)通过智能信息接收装置接收来自心脏功能智能监测预警装置的实时更新预警信息,判断使用者的心脏功能状态,及时作出响应与处置。

9.根据权利要求8所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法,其特征在于,还包括下列步骤:

(1)通过所述传感器装置中的三轴加速度计、三轴陀螺仪、麦克风、温度传感器及定位装置,采集胸部直线加速度、旋转角速度、心音、温度和位置信息;

(2)通过压缩、固化于芯片中或存储于片上闪存存储器里的传感器接口装置、数据压缩采集装置、人工智能算法装置、人工智能诊断分析装置、加密装置、存储器装置、微处理器、无线数据通讯装置、电源管理装置,即智能芯片装置实时处理心脏功能数据,分析、存储、比对,发现预警事件,发出信息并实时响应。

10.根据权利要求8所述基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法,其特征在于,进一步包括下列步骤:

(1)所述人工智能算法装置系基于压缩感知计算、连续小波变换和卷积神经网络的端到端的人工智能算法,对来自传感器信号的自动分析和诊断,对数据进行预处理,特征提取和分类;

(2)通过人工智能诊断分析装置采集临床心脏振动数据,每份数据都由多位心脏专家分析诊断确认,专家的意见和诊断结果是机器学习系统的目标,它基于心脏物理属性,通过学习得到模型,从而不断优化人工智能分析结果;

(3)通过身份识别装置提取心脏振动图谱的特征,与数据库中存储的特征进行对比,以确定用户的身份;

(4)通过预警装置的片上预警逻辑电路一旦收到人工智能算法的报警信号,就会驱动心脏智能贴片上的LED报警灯和蜂鸣器;

(5)通过数据加密装置传输数据,防止数据被非法截获或篡改;

(6)通过电源管理装置为系统供电,使蓝牙等通讯模块在无预警时处于休眠状态,一旦出现预警,通讯模块将被唤醒并开始传输数据;

(7)通过无线数据通信装置进行数据传输,基于“事件驱动”数据传输模式,即智能芯片逻辑电路一旦检测到心脏异常事件发生,就会记录下事件的类型和时间,发送给片上预警模块;存储事件,支持无线通讯协议传输事件结论和事件发生时间前后一定时间段内的传感器原始数据云端,以便后续分析;支持蓝牙等协议同步传输到就近移动终端或服务器。

# 一种基于心脏功能动态监测与分析的管理服务系统及方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于智能医疗器械技术领域，具体涉及一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统。

## 背景技术

[0002] 心脏疾病是人类第一号杀手，今天全球有数以十亿计的心脏病患者，需要得到及时、适当和成本可负担的医疗护理。传统的心电图(ECG)只能发现心电信号异常，对心脏物理结构本身的缺损、病变、老化、功能丧失(如心肌部分坏死)却作用不大或无能为力。超声心动图、计算机断层扫描(CT)、磁共振成像(MRI)及心肌灌注核素扫描等检测手段需要大型设备和专业人员操作，检测成本高，且难以做到随时随地监测，失去宝贵的病理信息和抢救机会。

[0003] 近年来，随着微机电系统(MEMS)技术的发展和人群健康需求的提高，针对心脏健康监测的便携式可穿戴设备成为了热门研究领域。但大部分研究和产品基于传统的ECG，Pranav Rajpurkar报道过，对来自可穿戴设备的数万份单导联ECG进行了分析，使用一个34层的卷积神经网络(CNN)，对心律失常的诊断能力可以达到人类医学专家的水平。但由于ECG技术本身的局限性，并不能及时、完整地反映心脏的健康状态，所以研究人员很早就注意到体外心脏振动信号能反映出心脏的结构和功能变化，以弥补ECG的不足，试图为心脏疾病无创监测提供新的途径。

[0004] 早在1991年报道，Salerno等学者首次在临床中观察到心肌缺血患者的心脏振动谱异于正常人，并提出SCG(Seismocardiogram，SCG，由心脏运动对胸壁产生的加速度所绘制的图谱)可能对冠心病患者的左心室功能监测有帮助。科技人员进一步研究发现SCG能够估计出心脏的血流动力学参数，如射血前期时间、左室射血时间、射血分数等，进而评估心脏功能。

[0005] 大部分研究均局限于实验室环境下，2010年的MagIC-SCG是第一款可以在日常活动中连续采集心脏电机械信号的可穿戴设备。该系统包含两个ECG电极、一个压力传感器、一个三轴加速度传感器和一个数据储存及传输模块，所有模块被封装在一件特制的上衣内。数据通过蓝牙传输到计算机设备进行计算、分析和可视化。可以分析出的指标包括心率、呼吸次数和一些血流动力学参数。2017年中国台湾学者发明了一套基于多通道SCG和ECG联合分析的心脏疾病早期预警系统。其传感器包括三个ECG电极，4个加速度传感器，分布在人体四肢、胸壁等不同位置。传感器数据先传送至智能手机，再传输至云端服务器进行计算分析。通过对ECG和4通道SCG数据联合分析，最终达到88%的预警准确度。迄今为止，大部分学者是所采取的技术手段是将SCG和GCG(Gyrocardiography， GCG，由心脏运动对胸壁产生的旋转角速度所绘制的图谱)数据融合，取得了较好的效果。也有人直接采用智能手机内置的传感器，如Jafari Tadi等用智能手机内置的三轴加速度传感器和陀螺仪检测房颤，准确度也是很高的，但是数据计算和分析仍然需要离线进行。Ng Seng Hooi 等人2018年利用加速度传感器对心脏瓣膜开合引起的振动进行监测分析，再一次验证了SCG对于心脏早

期物理病变的预警价值，但整个实验停留在理论概念验证阶段，没有提出一套商业上可行的实施方案。

[0006] 综上所述，现有技术和产品存在着：其一数据分析处理和疾病诊断依赖于云端平台或离线计算机设备，实时性差，影响了即时响应，即时处置的实用性，数据可用性低。其二是配套的可穿戴设备结构复杂，成本高，使用不便。其三是软件算法模型简单，导致疾病诊断能力弱。其四未考虑数据安全性问题；其五没有考虑心脏预警，手术康复与居家养老等商业化服务模式。本发明人多年潜心研究心脏动态信号，尤其基于振动信号采集与分析，以及心脏疾病诊断方面的研究，让基于SCG+GCG的数据采集与分析技术的小型化与智能化，直接应用于远程心脏机能的动态预警，手术的康复、居家养老的心脏功能的实时跟踪服务的商业化网络系统研究与应用，为人类健康事业做一些实实在在的贡献。

## 发明内容

[0007] 本发明第一目的在于提供一种基于心脏功能智能监测与分析的管理服务系统，另一目的在于提供基于心脏功能动态监测与分析的管理服务方法。

[0008] 本发明第一目的是这样实现的，所述系统为心脏健康服务云平台，包括心脏功能智能监测预警装置、智能信息接收装置；

所述心脏功能智能监测预警装置包括传感器装置、智能芯片装置，其置于人体胸壁，用于对心脏振动进行实时监测、数据处理与分析，发现预警事件，并通过无线传输协议，把心脏状态分析诊断结果传输到智能信息接收装置；心脏功能智能监测预警装置本身亦有发出预警的功能；

所述智能信息接收装置，用于接收来自心脏功能智能监测预警装置的实时更新预警信息，判断使用者的心脏功能状态，及时作出响应与处置。

[0009] 本发明另一目的是这样实现的，基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法，包括如下步骤：

(1)将包括有传感器装置、智能芯片装置的心脏功能智能监测预警装置置于人体胸壁，通过其对心脏振动进行实时监测、数据处理与分析，发现预警事件，并通过无线传输协议，把心脏状态分析诊断结果传输到智能信息接收装置；

(2)通过智能信息接收装置接收来自心脏功能智能监测预警装置的实时更新预警信息，关注使用者的心脏功能状态，及时作出响应与处置。

[0010] 本发明采用便携式智能可穿戴设备对心脏机械振动进行体外监测，连续地、非侵入地的获取心脏的振动信息，结合数字信号处理、机器学习和人工智能技术进行模式识别和智能诊断，从而早期发现心脏物理结构和搏动节律的异常，比如瓣膜病变、心脏壁的运动异常、心脏射血分数改变、心律失常等。同时结合预警报告系统，实现心脏疾病早期预警和及时医护的目的。对严重心律失常(如房颤、室速、室颤)、心绞痛、急性心肌梗死的早期预警监测，手术后康复监测，居家养老人群，体育运动人群的日常监护有着重大意义。

## 附图说明

[0011] 图1为本发明心脏健康服务云平台系统关系图；

图2为本发明之心脏智能贴片(心脏功能智能监测预警装置)系统架构关系框图；

图3为本发明心脏智能贴片结构关系框图(方框内为智能芯片)；

图4为本发明人工智能算法模型系统架构关系框图；

图5为本发明数据压缩感知系统架构关系框图(三种模式)；

图6为本发明真实的振动信号图及小波变换图；

图7为本发明卷积神经网络系统架构关系框图；

图8为本发明神经网络的离线训练过程图；

图9为本发明加密-解密系统架构关系框图；

图10本发明身份识别装置系统架构关系框图；

图11为本发明智能芯片的一种实现方式示意图；

图12为本发明心脏智能贴片的使用场景示意图；

图13为本发明智能贴片的佩戴位置示意图；

图14为本发明患者端App主要功能示意图；

图15为本发明医生端App主要功能示意图。

## 具体实施方式

[0012] 下面将结合附图与实施例对本发明作进一步的说明,但不以任何方式对本发明加以限制,基于本发明的教导所作的任何变换或改变,均属于本发明保护的范围。

[0013] 如图1~3所示,本发明一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统,所述系统为心脏健康服务云平台,包括心脏功能智能监测预警装置、智能信息接收装置,

所述心脏功能智能监测预警装置包括传感器装置、智能芯片装置,其置于人体胸骨正中,用于对心脏振动进行实时监测、数据处理与分析,发现预警事件,并通过无线传输协议,把心脏状态分析诊断结果传输到智能信息接收装置；

所述智能信息接收装置,用于接收来自心脏功能智能监测预警装置的实时更新预警信息,判断使用者的心脏功能状态,及时作出响应与处置。

[0014] 所述传感器装置,包括三轴加速度计、三轴陀螺仪、麦克风、温度传感器及定位装置,用于采集胸部直线加速度、旋转角速度、心音、温度和位置信息；

图3示出了本发明之心脏功能智能监测预警装置(硬件)功能与结构关系。所述智能芯片装置包括传感器接口装置、数据压缩采集装置、人工智能算法装置、人工智能诊断分析装置、加密装置、存储器装置、微处理器、无线数据通讯装置、电源管理装置,被压缩、固化于芯片中或存储于片上闪存存储器里,用于实时处理心脏功能数据,进行数模转换,分析、存储、实时数据计算推演,发现预警事件,将推演结果存储、分发至平台和/或智能移动终端装置,并实时响应。

[0015] 如图4所示,所述人工智能算法装置,基于压缩感知计算、连续小波变换和卷积神经网络的端到端的嵌入式人工智能算法装置,用于对来自传感器信号的计算、分析、特征提取、模式识别与分类,给出诊断结果；

所述数据压缩采集装置,用于数据的压缩处理；

所述传感器接口装置,用于采集振动传感器数据；

所述人工智能诊断分析装置,用于采集临床心脏振动数据,每份数据都由多位心脏专家分析诊断确认,专家的意见和诊断结果是机器学习系统的目标,它基于心脏物理属性,通

过学习得到模型，从而不断优化人工智能分析结果。

[0016] 图10示出了本发明身份识别装置工作流程。所述身份识别装置，用于提取心脏振动图谱的特征，与数据库中存储的特征进行对比，以确定用户的身份。

[0017] 所述预警装置，基于片上预警逻辑电路，一旦收到人工智能算法的报警信号，就会驱动脏功能智能监测预警装置上的LED报警灯和蜂鸣器。

[0018] 所述数据加密装置，用于数据加密，防止数据被非法截获或篡改。

[0019] 所述存储器装置，暂存采集信息及计算结果。

[0020] 所述微处理器承担计算任务及流程控制。

[0021] 所述电源管理装置，为纽扣型电池，用于为系统供电，使蓝牙等通讯模块在无预警时处于休眠状态，一旦出现预警，通讯模块将被唤醒并开始传输数据；

所述的无线数据通讯装置，用于数据传输，基于“事件驱动”模式，即智能芯片一旦检测到心脏异常事件发生，就会记录下事件的类型和时间，发送给片上预警模块、存储事件，依据无线通讯协议传输到云端及后台服务云平台；并支持蓝牙等协议同步传输到就近的移动终端或服务器。

[0022] 所述智能移动终端装置，实时可视化关注心脏健康状况，获取个性化科普内容及疾病建议，查询历史报告，管理健康档案，添加和联系监护人及医生，以及获取早期预警信息；医生可用于帮助医生管理和监测用户的心脏健康情况。

[0023] 所述后台数据存储分装置，包括基于云服务器搭建后台数据库，统一记录用户的账户和健康数据，便于查询和分析以及多端同步。

[0024] 所述定位装置为GPS或北斗定位装置，用于自动定位并提供用户的位置信息，保证用户突发状况失去知觉时也能得到及时救治。

[0025] 所述智能信息接收装置为医养服务机构信息服务平台，其存储使用者的基本信息，包括年龄、性别、体重、病史、尤其心脏状态信息及医疗情况，用药情况、过敏史；并实时更新相关信息；并在必要时且在使用者授权的前提下将必要信息发送至健康信息云平台，并作为使用者的基本信息进行存储，以备后续使用。

[0026] 所述智能信息接收装置为移动智能终端，包括使用者本人，亲属或朋友使用的移动信息接收装置，与心脏健康服务云平台数据交互、朋友互助信息、提醒与救急帮助，以备需要时使用且实时更新、存储相关信息。

[0027] 所述智能信息接收装置为医药保健商务信息子系统，与心脏健康服务云平台数据交互、商品信息及订购与物流服务，以备提供后续服务使用且实时更新、存储相关信息。

[0028] 所述的嵌入式人工智能算法装置，采取压缩感知采样方式，，直接在压缩信号上进行数据处理操作；数字滤波和小波变换等预处理和特征提取技术可以转换为矩阵变换；所述的原始信号为列向量x，变换矩阵为H，提取的特征向量为y，则有：

$$\mathbf{y} = \mathbf{Hx}$$

所述嵌入式人工智能算法装置采取压缩感知+数据重建方式，基于心脏振动信号在小波变化基下的稀疏状态，可采用压缩感知对数据进行压缩，过程如下：

步骤1：采集长度为N的原始信号，作为列向量$x_{N\times 1}$，即：

$$\mathbf{x}_{\mathbf{Nx1}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

步骤二:构造观测矩阵$\Phi_{M\times N}$(M<<N),采用二元置换块对角矩阵(Binary Permuted Block Diagonal matrix, BPBD),该矩阵有2M个1元素,其余元素均为0,

$$\mathbf{\Phi_{MxN}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & & & \\ & & 1 & 1 & \\ & & & \cdots & \\ & & & & 1 \quad 1 \end{bmatrix}_{\mathbf{MxN}}$$

步骤三:计算压缩信号Φx:

$$\mathbf{\Phi_{MxN}X_{Nx1}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & & & \\ & & 1 & 1 & \\ & & & \cdots & \\ & & & & 1 \quad 1 \end{bmatrix}_{\mathbf{MxN}} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_N \end{bmatrix}_{\mathbf{Nx1}}$$

所述的压缩过程等价于将原始信号分段相加,可以省去乘法运算,易于硬件实现。

[0029] 所述嵌入式人工智能算法装置采取压缩信号上直接进行滤波和特征提取操作,此时的变换矩阵可以由变换得到:

$$\hat{\mathbf{H}} = \sqrt{N/M}(\mathbf{S}^{-1}\mathbf{V}^{\mathbf{T}})$$

其中S和V为奇异值分解得到的矩阵:

$$\mathbf{USV}^{\mathbf{T}} = SVD(\mathbf{D})$$

$$\mathbf{D} = (\mathbf{\Phi H}^{-1})^{\mathbf{T}}$$

将常规的滤波器矩阵根据上式进行转换后,即可实现在压缩域的滤波计算:

本发明一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法,包括如下步骤:

(1)将包括有传感器装置、智能芯片装置的心脏功能智能监测预警装置置于人体胸壁,通过其对心脏振动进行实时监测、数据处理与分析,发现预警事件,并通过无线传输协议,把心脏状态分析诊断结果传输到智能信息接收装置;

(2)通过智能信息接收装置接收来自心脏功能智能监测预警装置的实时更新信息,关注使用者的心脏功能状态,发现预警事件,及时作出响应与处置。

[0030] 基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法,进一步包括下列步骤:

(1)通过所述传感器装置中的三轴加速度计、三轴陀螺仪、麦克风、温度传感器及定位装置,采集胸部直线加速度、旋转角速度、心音、温度和位置信息;

(2)通过压缩、固化于芯片中或存储于片上闪存存储器里的传感器接口装置、数据压缩采集装置、人工智能算法装置、人工智能诊断分析装置、加密装置、存储器装置、微处理器、无线数据通讯装置、电源管理装置,即智能芯片装置实时处理心脏功能数据,分析、存储、比对,发现预警事件,发出信息并实时响应。

[0031] 基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务方法,进一步包括下列步骤:

(1)所述人工智能算法装置系基于压缩感知计算、连续小波变换和卷积神经网络的端到端的人工智能算法,对来自传感器信号的自动分析和诊断,对数据进行预处理,特征提取和分类;

(2)通过人工智能诊断分析装置采集临床心脏振动数据,每份数据都由多位心脏专家分析诊断确认,专家的意见和诊断结果是机器学习系统的目标,它基于心脏物理属性,通过学习得到模型,从而不断优化人工智能分析结果;

(3)通过身份识别装置提取心脏振动图谱的特征,与数据库中存储的特征进行对比,以确定用户的身份;

(4)通过预警装置的片上预警逻辑电路一旦收到卷积神经网络的报警信号,就会驱动心脏智能贴片上的LED报警灯和蜂鸣器;

(5)通过数据加密装置传输数据,防止数据被非法截获或篡改;

(6)通过电源管理装置为系统供电,使蓝牙等通讯模块在无预警时处于休眠状态,一旦出现预警,通讯模块将被唤醒并开始传输数据;

(7)通过无线数据通信装置进行数据传输,基于“事件驱动”数据传输模式,即智能芯片逻辑电路一旦检测到心脏异常事件发生,就会记录下事件的类型和时间,发送给片上预警模块;存储事件,支持无线通讯协议传输事件结论和事件发生时间前后一定时间段内的传感器原始数据云端,以便后续分析;支持蓝牙等协议同步传输到就近移动终端或服务器。

[0032] 下面通过实施例,说明本发明的工作原理与工作过程

本发明采用便携式智能可穿戴设备对心脏机械振动进行体外监测,连续地、非侵入地的获取心脏的振动信息,结合数字信号处理、机器学习和人工智能技术进行模式识别和智能诊断,从而早期发现心脏物理结构和搏动节律的异常,比如瓣膜病变、心脏壁的运动异常、心脏射血分数改变、心律失常等。同时结合预警报告系统,实现心脏疾病早期预警和及时医护的目的。

[0033] 本发明通过在胸壁表面放置传感器,通过多种方式采集心脏振动信号,作为一种实施方式,所述传感器包括3轴加速度和3轴陀螺仪,通过处理形成集心振图(Seismocardiogram, SCG),监测心脏运动对胸壁产生的加速度等信息,和心陀螺图(Gyrocardiography, GCG,监测心脏运动对胸壁产生的旋转角速度信息。

[0034] 图2显示了系统心脏功能智能监测预警装置的工作流程。系统连续从振动传感器采集振波数据,实时进行数据压缩、数据预处理,嵌入式人工智能算法模块实时进行数据推断,给出诊心脏断结果。如果诊断结果存在异常(如发生心肌梗死、心律失常等),结果会经加密模块进行加密,暂存在内部的存储器内,后立即经数据通信模块将诊断结果传输至智能终端或后台服务云平台等其他模块。这种数据传输方式称为基于“事件驱动”的数据传输,即只有在智能处理芯片逻辑电路检测到发生了心脏异常事件的情况下,才会开启数据传输,传输的数据包括诊断结论和事件发生时间前后一定时间段内的传感器原始数据,以

便后续分析。心脏功能智能监测预警装置本身也具有发出预警的功能。

[0035] 图11示出了本发明智能芯片装置的一种实现方式。所述微处理器采用片上系统SoC实现，SoC芯片中既包含处理器又包含存储器及外围电路，单个芯片就能实现数据的采集、转换、存储、处理和输入/输出等多种功能。

[0036] 所述微处理器为MCU(Microcontroller Unit)、专用集成芯片ASIC(Application Specific Integrated Circuit)或现场可编程门阵列FPGA;均可以实现本发明之目的。

[0037] 所述电源管理装置包括纽扣型电池，并通过相关插口对系统供电;所述预警装置通过相关插口启动外置蜂鸣器、LED灯或液晶显示屏报警。

[0038] 所述无线数据通讯装置采用无线方式进行数据传输，将发现的预警事件的相关信息经过256位AES加密后传送给蓝牙模块，或WiFi、4G、5G、NFC、NB-IoT模块，将无线信号通过隐形式天线发送。

[0039] 作为一种实施例，采用nRF52832蓝牙SoC芯片，该SoC芯片包含64MHZ的ARM Cortex-M4F CPU,512KB闪存,64KB RAM,低功耗蓝牙模块,2.4GHZ的无线发射模块,AHB/APB总线结构，以及相关的外围电路、接口和电源管理模块;所述智能贴片的传感器信息通过智能处理芯片的J7插口输入到16位200KSPS ADC端，A/D模块进行数模转换;智能处理芯片之微处理器模块对数据进行实时地预处理，然后进行实时数据计算推演，将推演结果存储、分发至相关子系统、平台或智能移动终端。所述智能处理芯片将预警结果经过256位AES加密后传送给蓝牙模块;蓝牙信号通过J9插口及隐形式天线发送。所述电源管理模块包括纽扣电池，容量不低于950mAh;通过SoC芯片J8插口对系统供电。

[0040] 智能贴片几何尺寸小，便于使用者贴于胸部，图13示出了智能贴片的佩戴位置;实时监测心脏之振波状态，采集信息，且加密无线数据传输，确保使用者的隐私安全。

[0041] 智能处理芯片装置的传感器接口采集振动传感器数据，经由数据压缩采集模块对数据进行压缩处理;嵌入式人工智能算法模块负责计算、分析振动数据，进行模式识别，给出心脏诊断结果;诊断结果再经加密模块进行加密，经存储器组件暂存，最后经数据通信模块将诊断结果传输至智能终端或后台服务云平台。

[0042] 本发明建立了一个14层的卷积神经网络，该网络包含6个残差块，每个块有2个卷积层。卷积核大小固定为3×3，卷积核个数为8k，k初始值为1，以后每增加一个残差块k增加1。每一个残差块会对输入进行2倍下采样，同时旁路的残差连接也通过最大值池化(max-pool)的方法进行2倍下采样，保证维度一致。每个卷积层后面连接一个批量归一化层(BN)，然后采用线性整流单元(ReLu)进行非线性变换。

[0043] 卷积层结束后会经过一个全连接层(Dense)以增强非线性映射能力，最终通过Softmax层输出18个分类的归一化概率，根据概率大小对诊断分类进行筛选和排序。输出的分类如下表：

表1 诊断的分类表

| 编号 | 类别名称 | 备 注 |
|---|---|---|
| 0 | 心房颤动 | 心律失常 |
| 1 | 心房扑动 | 心律失常 |
| 2 | II度1型房室传导阻滞 | 心律失常 |
| 3 | II度2型房室传导阻滞 | 心律失常 |

| | | |
|---|---|---|
| 4 | 室性早搏二联律 | 心律失常 |
| 5 | 室性早搏三联律 | 心律失常 |
| 6 | 完全性房室传导阻滞 | 心律失常 |
| 7 | 异位心房节律 | 心律失常 |
| 8 | 心室自主心律 | 心律失常 |
| 9 | 交界性心律 | 心律失常 |
| 10 | 窦性心律 | 正常心律 |
| 11 | 室上性心动过速 | 心律失常 |
| 12 | 室性心动过速 | 心律失常 |
| 13 | 心室颤动 | 致命性心律失常 |
| 14 | 噪音 | 非心脏振动信号 |
| 15 | 急性心肌梗死(ST段抬高) | 冠心病,心电图显示ST段抬高 |
| 16 | 急性心肌梗死(ST段压低) | 冠心病,心电图显示ST段压低 |
| 17 | 心功能衰竭 | 心脏收缩能力下降 |

$C = \sum_i y_i \ln a_i$ 在神经网络的离线训练阶段(见图8),先对样本的振动信号滤波降噪等预处理,后经过小波变换得到时频图,输入神经网络,得到输出结果(诊断标号组成的向量),与人工标注的真实结果进行对比,采用交叉熵损失函数进行训练,即优化:

其中i为分类标签的下标,$y_i$为真实值,$a_i$为网络输出值。用随机梯度下降法(SGD)不断循坏迭代,修改网络权重参数,直至误差收敛。

[0044] 在推断阶段,如果神经网络的输出为“窦性心律”,这是一种正常情况,不会触发预警机制,系统会继续循环运行。如果出现了除“窦性心律”以外的情况,则被认为是异常情况,定义为一次心脏“事件”,进入预警流程。

[0045] 心脏预警事件的编号会被加上时间标签以及当时所处地理位置坐标,进行哈希算法和AES加密处理,具体加密和解密流程如下(见图9):

步骤1:每个心脏智能贴片出产的时候会固化一个唯一的ID和256位的密钥对,不可更改。同时在服务器端保存一个相同的ID和密钥对。

[0046] 步骤2:心脏智能贴片逻辑电路首先对原始数据执行SHA-3哈希算法,附加在原始数据的末端,形成明文,然后使用密钥对明文进行AES加密,得到密文。密文连同设备ID一起传输。

[0047] 步骤3:解密在后台服务器进行。后台服务器接受到密文和设备ID后,通过数据库查找出ID对应的密钥,进行解密。然后校验哈希值,如果匹配,则接受数据,如果不匹配,说明数据可能被篡改,则丢弃数据。

[0048] 加密后的密文(即预警信息)会暂时存储在芯片上的闪存队列中,如果队列已满,则覆盖最旧的数据。然后立即启动芯片上的预警机制,根据预警级别不同,轻微预警时黄灯闪烁,中等级别预警时红灯闪烁,危急预警时同时出现红灯闪烁和发出蜂鸣。同时也可以加入液晶显示屏,通过文字和图标来显示预警信息。

[0049] 同时心脏智能贴片会尝试将预警数据通过无线网络传输至其他设备,如通过Wifi、NB-IoT、4G、5G等协议传输至云端后台服务器。如果在室内,还可以通过蓝牙、NFC等协

议传输至智能手机或智能服务机器人。

[0050] 当云端服务器接受到预警信息后，首先会进行解密和存储，然后根据预警级别的不同，发出不同的预警信号：低度危险的可发送短信告知患者本人或监护人，高度危险的比如完全房室传导阻滞、心室颤动等会启动自动语音电话，通知监护人或医生。

[0051] 图14为用户端手机APP的主要功能截图。用户端手机APP在接受到预警信息后，会可视化展示当前的心脏诊断及建议，不同的预警级别会有不同的颜色显示，严重预警还会调用手机的振动器和扬声器。APP同时提供一键联系监护人和医生的按钮，可选择手机短信或电话方式，供用户在紧急情况下使用。APP还提供历史报告查看和添加、修改病情档案的功能。病情档案包括年龄、性别、身高、体重等个人基本信息，所患疾病信息，日常用药信息，以及医院检查、化验等资料。这些信息可以由用户授权远程共享给医生，以帮助医生更加准确的判断病情。此外，用户还可以在APP上添加或修改用于接受预警的监护人姓名、手机号码以及医生信息。手机APP和远端服务器之间会实时进行数据同步。

[0052] 图15为医生端手机APP的主要功能截图。医生端手机APP提供医生所管理用户列表，点击用户列表可查看用户的预警和档案等，还可选择以短信或电话的方式联系用户或其监护人，实现远程指导。

[0053] 对于某一些疾病，比如心房颤动，可能是长期或一段时间持续存在的，为了避免频繁预警造成打扰，系统可以设定不同的预警频率，比如1天最多1次等。对于急性心肌梗死等严重情况，预警频率不受限制。

[0054] 智能贴片在完成一次推断、数据加密及传输后，会循环工作，进入下一个运行周期。

[0055] 除了事件预警外，心脏智能贴片在工作期间，会定时(比如每小时)向后台服务器或手机APP发送加密消息，携带当时的工作状态和用户的心率信息。心率作为最基本的心脏参数，可以通过多种方式获取，如对心脏振动信号进行自相关分析、波峰查找算法等。

[0056] 本发明心脏健康服务云平台的主要功能是接入服务商，承担服务商与使用者(用户)之间的桥梁作用。服务商的所有服务均通过该平台服务到达使用者(用户)。该平台可以同时对接若干服务商和大量的使用者(用户)。与服务平台进行数据同步，提供大数据储存、分析能力。也就是说用户使用本发明的心脏心脏智能贴片和手机APP采集并分析数据，心脏预警信息首先会发送到服务平台，预警提示，立即转发到服务提供商，如医药厂商和医疗机构等，服务商会及时做出反应，通过本发明的心脏健康服务云平台提供相应的服务到达患者(用户)。同时服务商也可以提出意见和建议给用户，或给予平台服务建议。

[0057] 如图11~图14所示，本发明的目标客户包括(1)医院、养老院或居家的心脏疾病患者；(2)心脏疾病高危人群，如高龄，吸烟，有糖尿病、高脂血症、高血压病史，有心脏病家族史等人群；(3)运动健身人群，如职业运动员、马拉松爱好者等；(4)特殊职业人群，如货车司机、高铁司机、高空作业者、特殊作业者等。

[0058] 本发明的服务提供商主要包括(1)药品、医疗器械制造商及销售商(药房等)：提供药品、保健品以及家用医疗器械等服务，可与医药电商及物流结合；(2)医疗机构：包括医院、急救中心、心脏康复中心、社区医院等。提供远程医疗咨询、上门；(3)亲朋互助：用户的亲朋好友也可以提供互助服务，如社交、互助保险等。

[0059] 本发明服务平台可(1)面向用户销售智能心脏心脏智能贴片；(2)面向药品、医疗

器械商提供数据分析服务,收取数据服务费;(3)面向用户提供附加服务,收取服务费,或与第三方服务商收益分成。

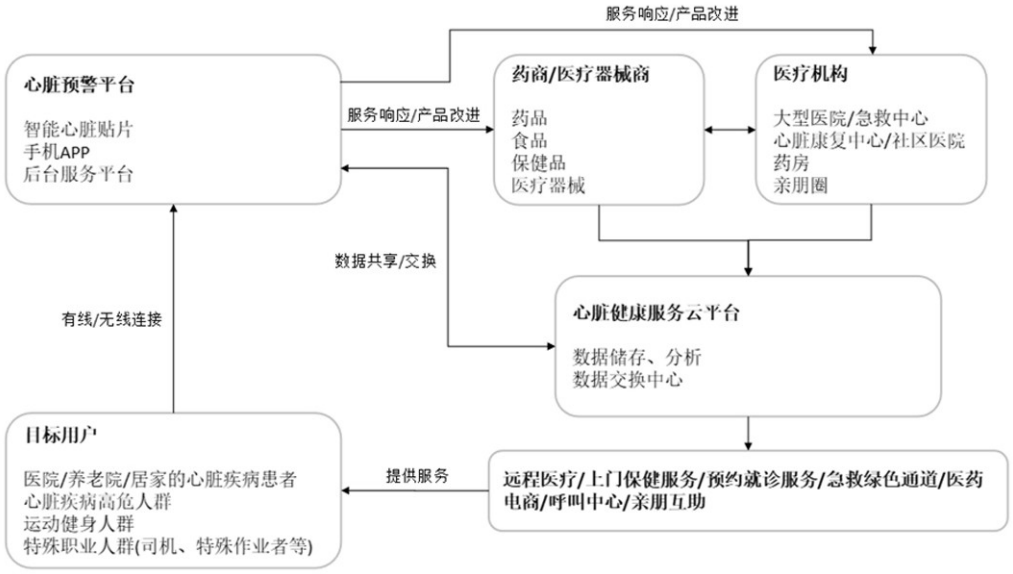

服务响应/产品改进
心脏预警平台
智能心脏贴片
手机APP
后台服务平台
服务响应/产品改进
药商/医疗器械商
药品
食品
保健品
医疗器械
医疗机构
大型医院/急救中心
心脏康复中心/社区医院
药房
亲朋圈
数据共享/交换
有线/无线连接
心脏健康服务云平台
数据储存、分析
数据交换中心
目标用户
医院/养老院/居家的心脏疾病患者
心脏疾病高危人群
运动健身人群
特殊职业人群(司机、特殊作业者等)
提供服务
远程医疗/上门保健服务/预约就诊服务/急救绿色通道/医药电商/呼叫中心/亲朋互助

图1

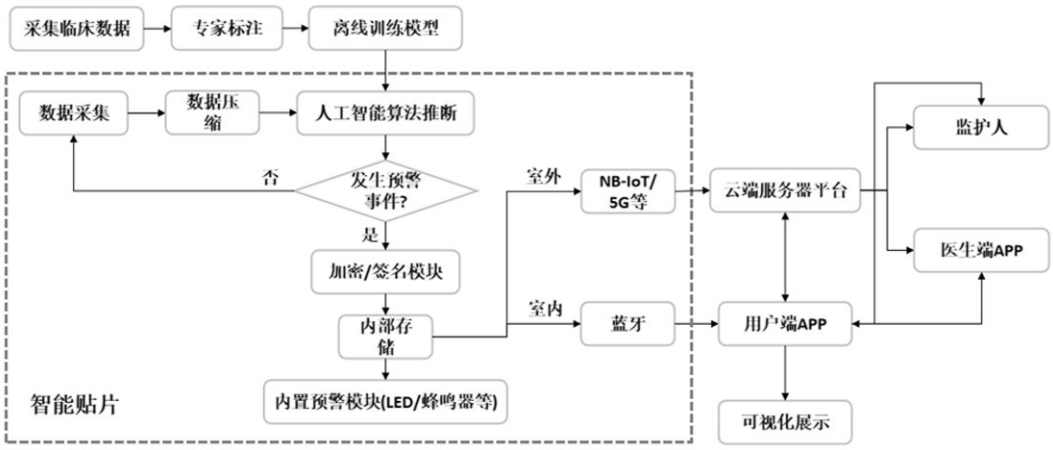

采集临床数据
专家标注
离线训练模型
数据采集
数据压缩
人工智能算法推断
否
发生预警事件?
是
加密/签名模块
内部存储
内置预警模块(LED/蜂鸣器等)
智能贴片
室外
室内
NB-IoT/5G等
蓝牙
云端服务器平台
用户端APP
可视化展示
监护人
医生端APP

图2

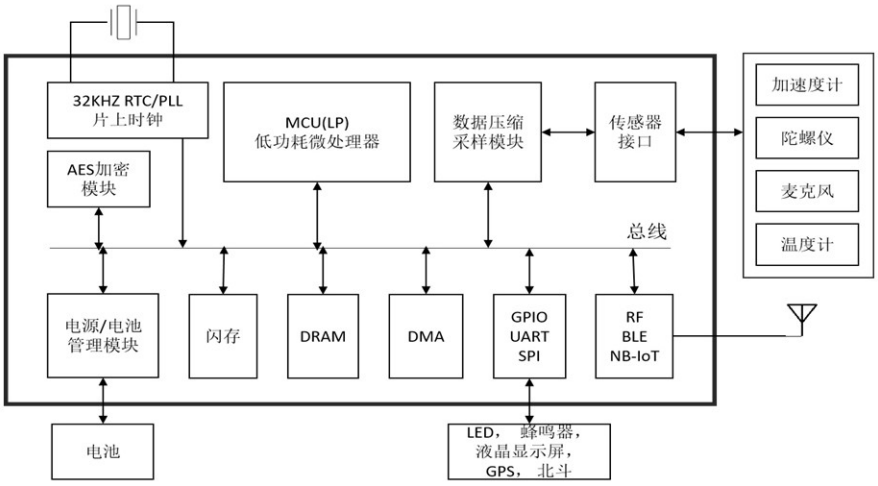

32KHZ RTC/PLL
片上时钟
AES加密
模块
MCU(LP)
低功耗微处理器
数据压缩
采样模块
传感器
接口
加速度计
陀螺仪
麦克风
温度计
总线
电源/电池
管理模块
闪存
DRAM
DMA
GPIO
UART
SPI
RF
BLE
NB-IoT
电池
LED， 蜂鸣器，
液晶显示屏，
GPS， 北斗

图3

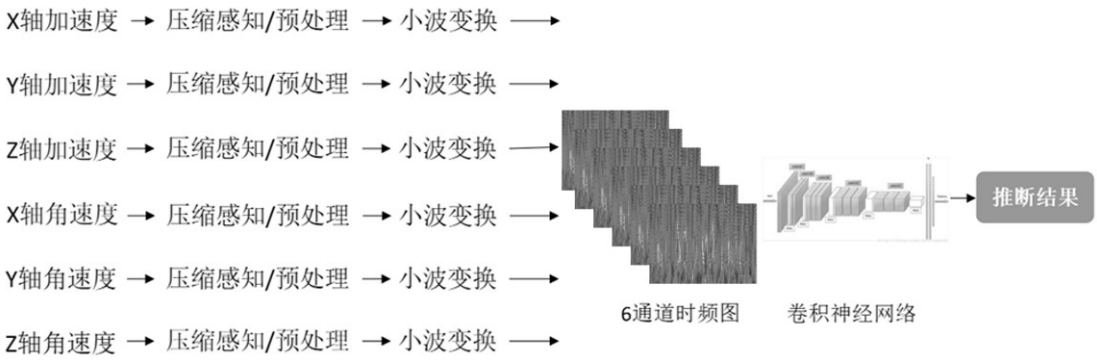

X轴加速度 → 压缩感知/预处理 → 小波变换 →
Y轴加速度 → 压缩感知/预处理 → 小波变换 →
Z轴加速度 → 压缩感知/预处理 → 小波变换 →
X轴角速度 → 压缩感知/预处理 → 小波变换 →
Y轴角速度 → 压缩感知/预处理 → 小波变换 →
Z轴角速度 → 压缩感知/预处理 → 小波变换 →
6通道时频图
卷积神经网络
推断结果

图4

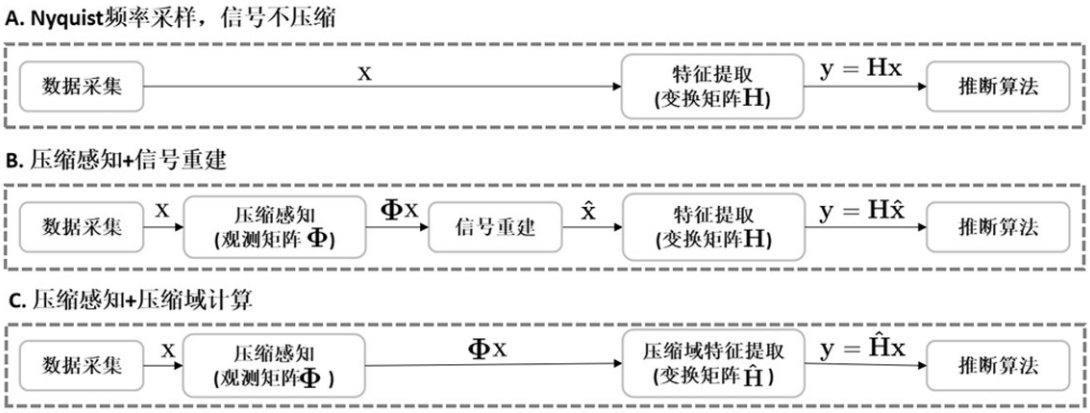

A. Nyquist频率采样，信号不压缩
数据采集
x
特征提取
(变换矩阵H)
y = Hx
推断算法
B. 压缩感知+信号重建
数据采集
x
压缩感知
(观测矩阵 Φ)
Φx
信号重建
x̂
特征提取
(变换矩阵H)
y = Hx̂
推断算法
C. 压缩感知+压缩域计算
数据采集
x
压缩感知
(观测矩阵Φ )
Φx
压缩域特征提取
(变换矩阵Ĥ )
y = Ĥx
推断算法

图5

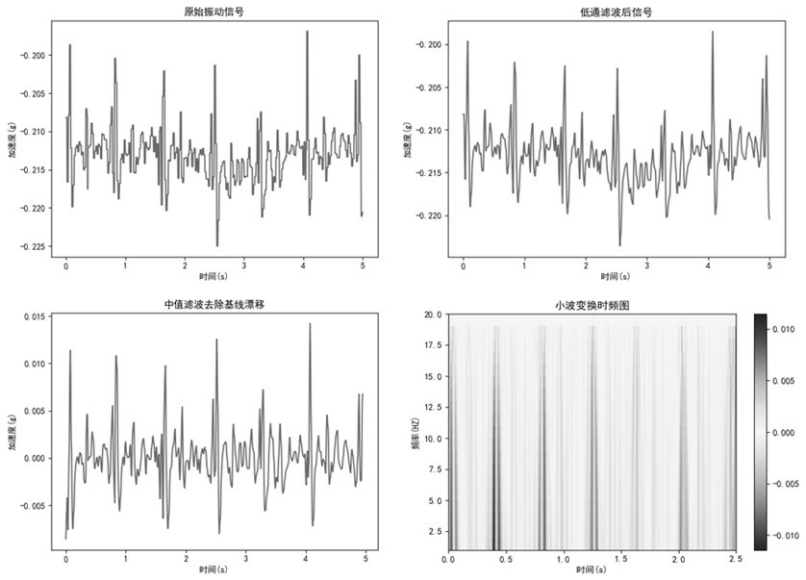

原始振动信号
低通滤波后信号
中值滤波去除基线漂移
小波变换时频图
时间(s)
频率(HZ)

图6

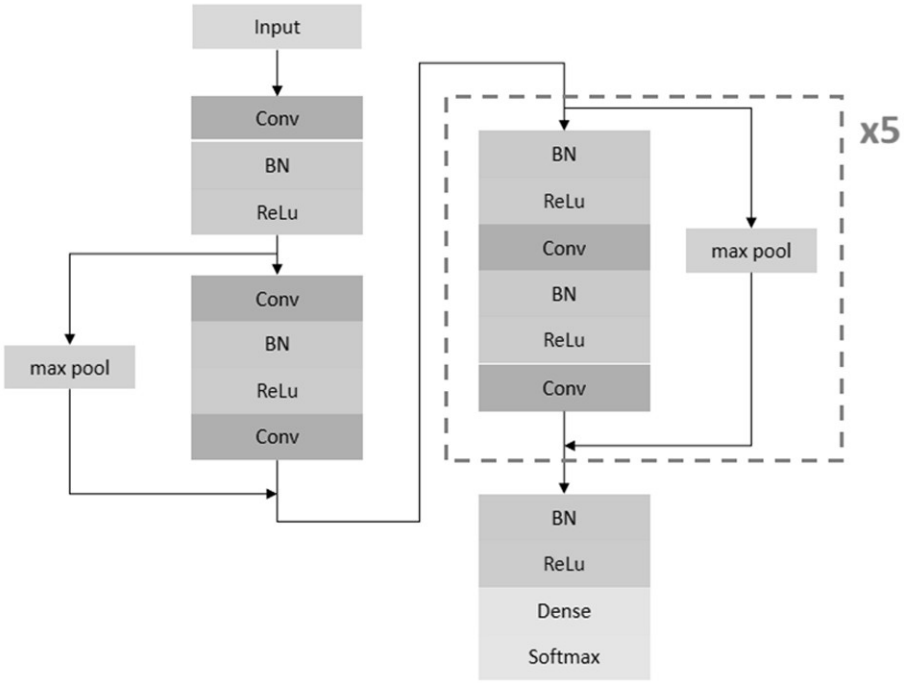

Input
Conv
BN
ReLu
Conv
BN
ReLu
Conv
max pool
BN
ReLu
Conv
BN
ReLu
Conv
max pool
x5
BN
ReLu
Dense
Softmax

图7

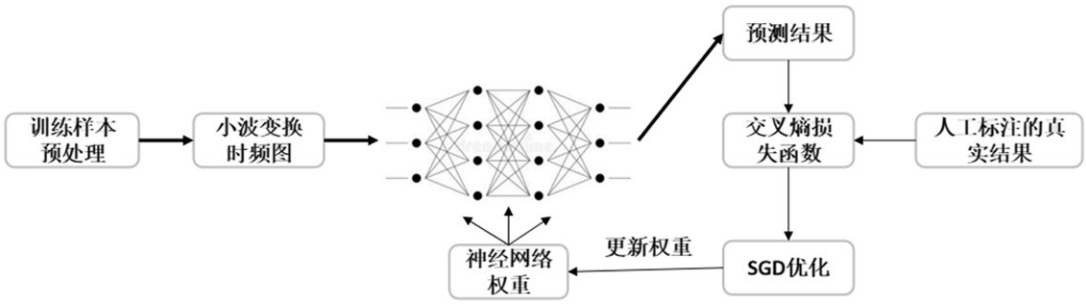

训练样本
预处理
小波变换
时频图
预测结果
交叉熵损
失函数
人工标注的真
实结果
神经网络
权重
更新权重
SGD优化

图8

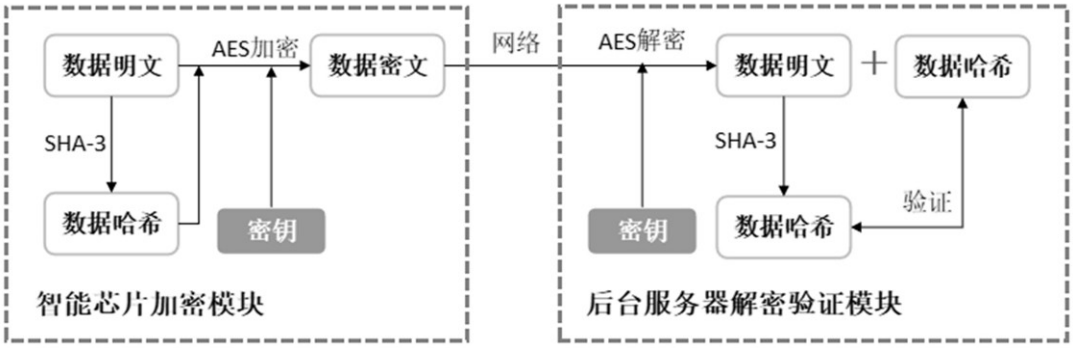

数据明文
AES加密
数据密文
SHA-3
数据哈希
密钥
智能芯片加密模块
网络
AES解密
数据明文
+
数据哈希
SHA-3
验证
密钥
数据哈希
后台服务器解密验证模块

图9

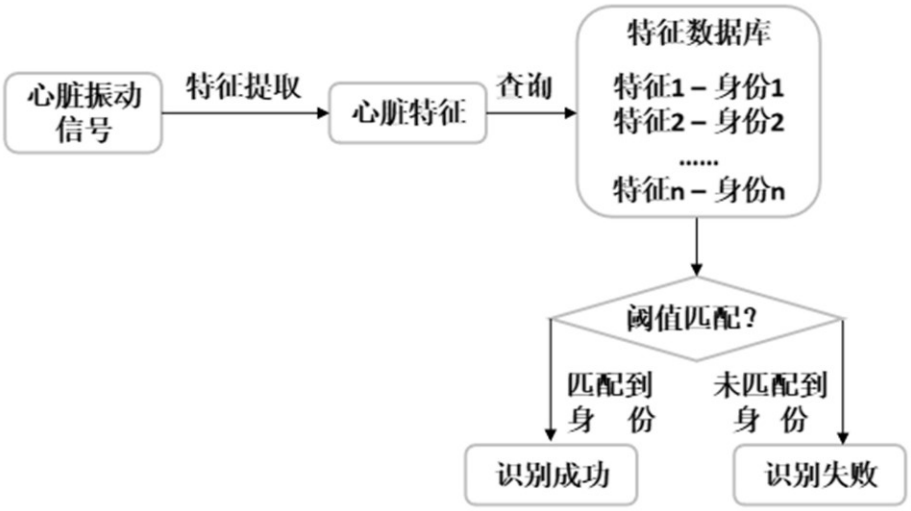

心脏振动
信号
特征提取
心脏特征
查询
特征数据库
特征1 – 身份1
特征2 – 身份2
.....
特征n – 身份n
阈值匹配?
匹配到
身 份
未匹配到
身 份
识别成功
识别失败

图10

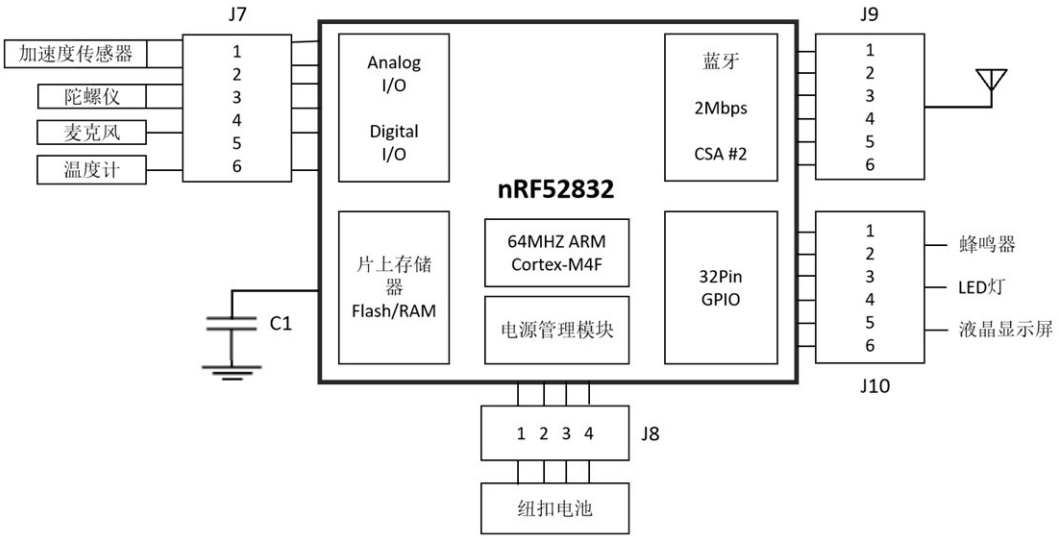

J7
加速度传感器
陀螺仪
麦克风
温度计
1
2
3
4
5
6
Analog
I/O
Digital
I/O
nRF52832
蓝牙
2Mbps
CSA #2
J9
1
2
3
4
5
6
片上存储
器
Flash/RAM
64MHZ ARM
Cortex-M4F
电源管理模块
32Pin
GPIO
1
2
3
4
5
6
蜂鸣器
LED灯
液晶显示屏
J10
C1
1 2 3 4
J8
纽扣电池

图11

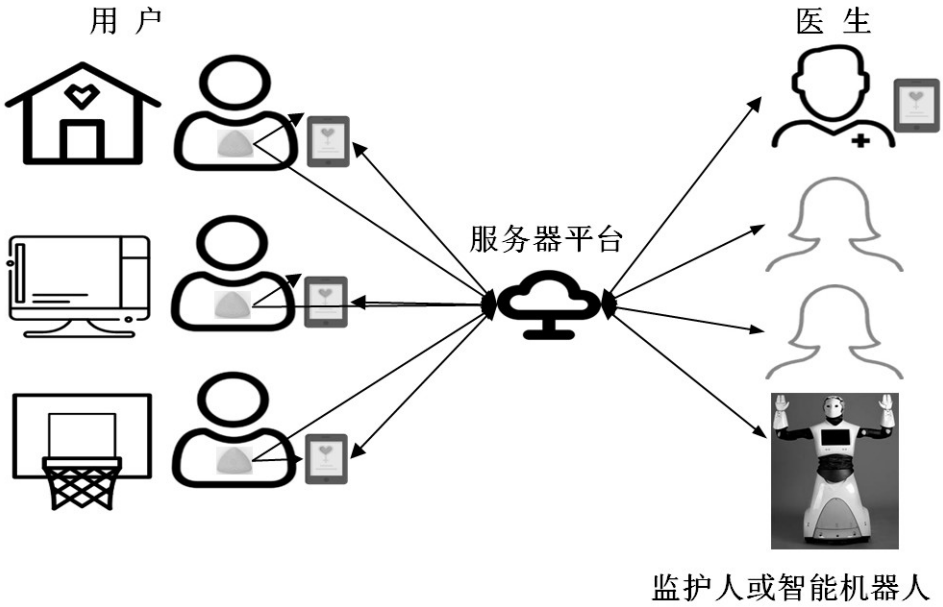
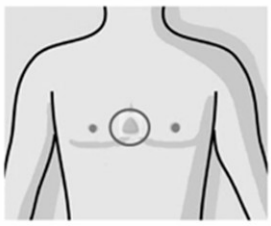

用 户
医 生
服务器平台
监护人或智能机器人

图12



智能贴片佩戴位置

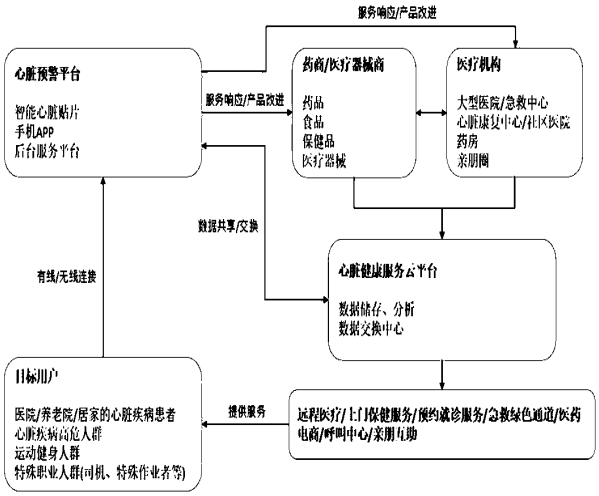
图13

图14

12:00
患者
张三
房颤
1
李四
冠心病
王五
心衰
12:00
张三详情
2019-05-01 18:00 - 19:00
心房颤动 心率120次/分
2015-04-06 20:00 - 23:00
心肌缺血
患者档案
联系患者

图15

| | | | |
|---|---|---|---|
| 专利名称(译) | 一种基于心脏功能动态监测与分析的管理服务系统及方法 | | |
| 公开(公告)号 | CN110477864A | 公开(公告)日 | 2019-11-22 |
| 申请号 | CN201910727339.4 | 申请日 | 2019-08-07 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 王满<br>王江源 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 王满<br>王江源 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 王满<br>王江源 | | |
| [标]发明人 | 王江源<br>王满 | | |
| 发明人 | 王江源<br>王满 | | |
| IPC分类号 | A61B5/00 A61B5/024 A61B5/029 A61B5/11 | | |
| CPC分类号 | A61B5/02405 A61B5/02438 A61B5/029 A61B5/1102 A61B5/6802 A61B5/746 A61B2576/023 | | |
| 外部链接 | Espacenet SIPO | | |


摘要(译)

本发明公开了一种基于心脏功能动态监测与分析的健康管理服务系统及方法，所述系统包括有心脏健康服务云平台，其连接的心脏功能智能监测预警装置、智能移动终端、与医养服务机构信息平台连接的管理子系统。本发明采用便携式智能可穿戴设备对心脏机械振动进行体外监测，实时非侵入地获取心脏的振动信息，结合数字处理、机器学习和人工智能技术模式识别和智能诊断，早期发现心脏物理结构和搏动节律异常，如瓣膜病变、心脏壁的运动异常、心脏射血分数改变、心律失常等。结合预警报告系统，实现心脏疾病早预警与及时医护的目的。对严重心律失常、心绞痛、急性心肌梗死的早期预警监测，对照手术后康复监测，居家养老人群，体育运动人群的日常监护有着重大意义。