



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110604547 A

(43)申请公布日 2019.12.24

(21)申请号 201910726571.6

(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) 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)

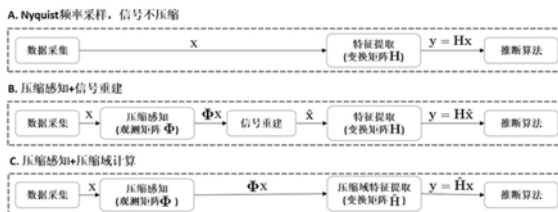
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩系统及方法

(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数据压缩系统及方法,所述数据压缩系统,包括所述的数据采集装置、数据压缩装置和压缩域数据处理装置。本发明数据压缩技术应用于便携式心脏智能贴片系统,以可穿戴设备的形式佩戴于人体胸壁,对心脏机械振动进行体外监测,连续地、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救护的目的。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意义重大。







$$\Phi_{M \times N \times N \times 1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & & & \\ & 1 & 1 & & \\ & & & \dots & \\ & & & & 1 & 1 \end{bmatrix}_{M \times N} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_N \end{bmatrix}_{N \times 1} \circ$$

8. 根据权利要求6所述基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩方法,其特征在于,通过压缩域数据处理装置直接在压缩信号上进行滤波和特征提取操作,在数学上,线性变换都可以转换为矩阵变换的形式,记为 $\mathbf{H}$ ,这时压缩域的变换矩阵 $\hat{\mathbf{H}}$ 可以由 $\mathbf{H}$ 变换得到:

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

其中 $\mathbf{S}$ 和 $\mathbf{V}$ 为奇异值分解得到的矩阵:

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

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

9. 根据权利要求6或8所述基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩方法,其特征在于,通过所述压缩域数据处理装置实现对压缩后数据直接处理,通过芯片上的实时计算中,无须经过“先压缩再解压缩”的过程;避免压缩后的信号重建需要求解一个带约束的优化问题,计算量较大,硬件实现较困难的问题发生。

10. 根据权利要求6所述基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩方法,其特征在于,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,易于硬件快速实现。

## 一种基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩系统及方法

### 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数据压缩系统及方法。

### 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数据压缩系统,另一目的在于提供基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩方法。

[0008] 本发明第一目的是这样实现的,基于心脏功能智能监测与分析的数据压缩系统,所述数据压缩感知装置,包括,

所述的数据采集装置,用于以Nyquist频率采样得到原始信号,即以分析频率2倍以上的频率对振动传感器进行等间距采样;

所述的数据压缩装置,基于压缩感知技术,用于对原始信号进行压缩;

所述压缩域数据处理装置,用于直接在压缩后的数据上进行数据处理,如滤波、小波变换、特征提取等,而无需进行耗时的数据重建;

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数据压缩方法,包括如下步骤:

(1)通过所述的数据采集装置,以Nyquist频率采样得到原始信号,即以分析频率2倍以上的频率对振动传感器进行等间距采样;

(2)通过所述的数据压缩装置,基于压缩感知技术,用于对原始信号进行压缩;

(3)通过所述压缩域数据处理装置,用于直接在压缩后的数据上进行数据处理,如滤波、小波变换、特征提取等,而无需进行耗时的数据重建。

[0009] 本发明数据压缩技术应用于便携式心脏智能贴片系统,以可穿戴设备的形式佩戴于人体胸壁,对心脏机械振动进行体外监测,连续地、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救护的目的。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

[0010] 图1为本发明数据压缩感知系统架构关系框图(三种模式);

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;





$$\Phi_{M \times N \times N \times 1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & & & & \\ & & 1 & 1 & & \\ & & & & \dots & \\ & & & & & 1 & 1 \end{bmatrix}_{M \times N} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_N \end{bmatrix}_{N \times 1}$$

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。

[0017] 通过所述压缩域数据处理装置实现对压缩后数据直接处理,通过芯片上的实时计算中,无须经过“先压缩再解压缩”的过程;避免压缩后的信号重建需要求解一个带约束的优化问题,计算量较大,硬件实现较困难的问题发生。

[0018] 通过压缩域数据处理装置直接在压缩信号上进行滤波和特征提取操作,在数学上,线性变换都可以转换为矩阵变换的形式,记为 $\mathbf{H}$ ,这时压缩域的变换矩阵 $\hat{\mathbf{H}}$ 可以由 $\mathbf{H}$ 变换得到:

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

其中 $\mathbf{S}$ 和 $\mathbf{V}$ 为奇异值分解得到的矩阵:

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

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

下面通过实施例,说明本发明的工作原理与工作过程

本发明数据压缩技术应用于便携式心脏智能贴片系统,以可穿戴设备的形式佩戴于人体胸部正中位置,对心脏机械振动进行体外监测,连续地、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救护的目的。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。

[0019] 图2、图3示出了应用本发明的心脏功能智能监测预警装置系统架构关系和装置结构关系。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),经过身份识别后,结果再经加密模块进行加密,暂存在内部的存储器内,并即时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。

[0020] 本发明涉及系统之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。

[0021] 所述微处理器为MCU(Microcontroller Unit)、专用集成电路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。

如图4所示,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加密后传递给蓝牙模块;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。

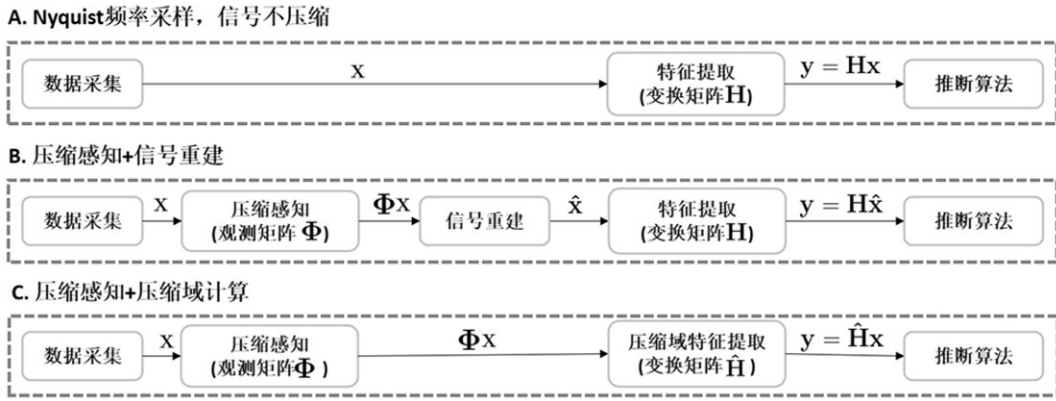


图1

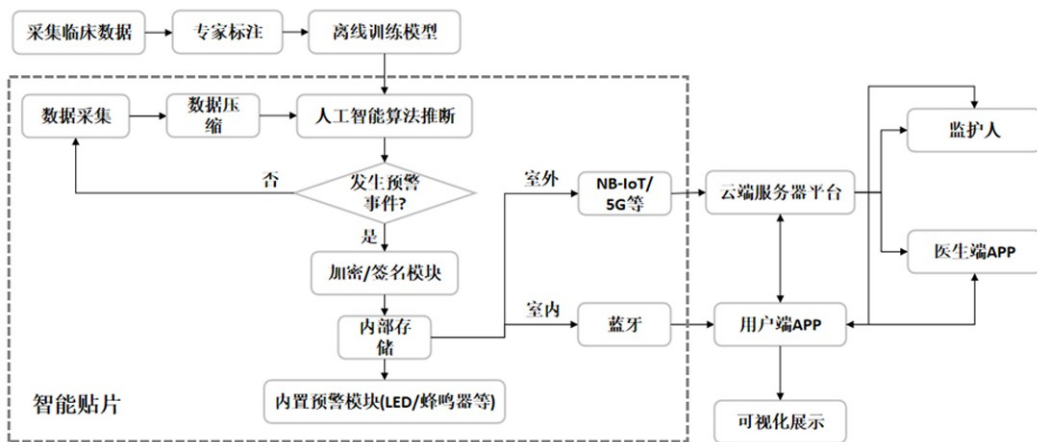


图2

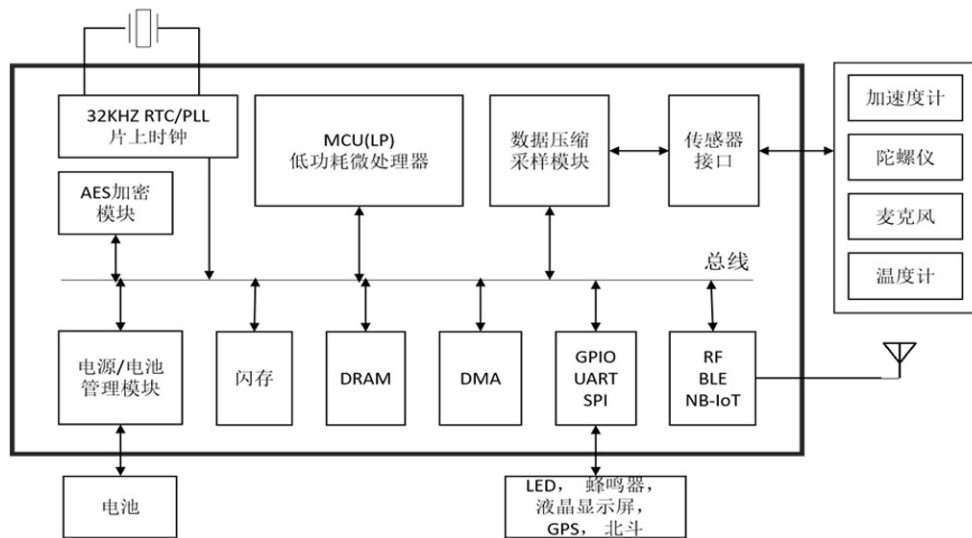


图3

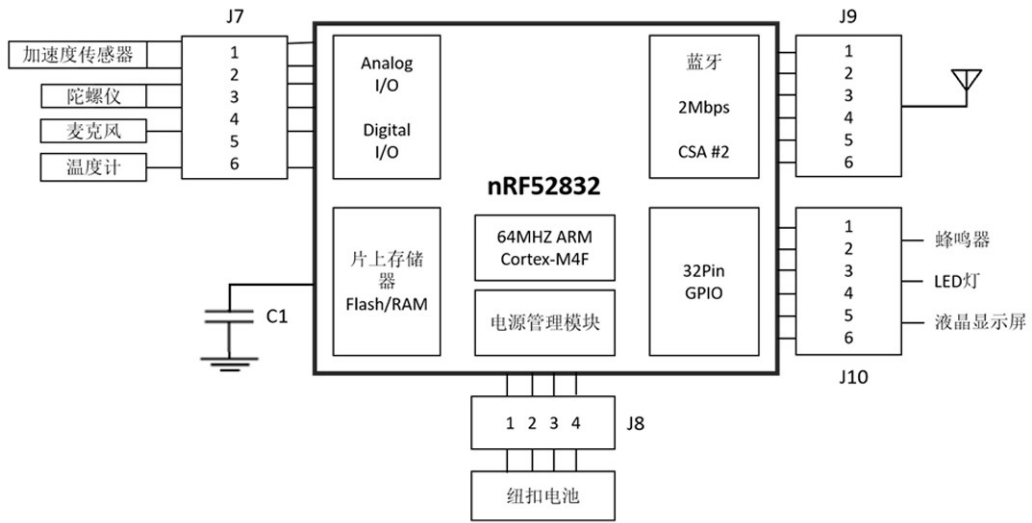


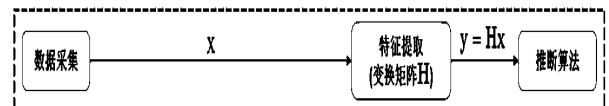
图4

专利名称(译)	一种基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩系统及方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110604547A</a>	公开(公告)日	2019-12-24
申请号	CN201910726571.6	申请日	2019-08-07
[标]申请(专利权)人(译)	王满 王江源		
申请(专利权)人(译)	王满 王江源		
当前申请(专利权)人(译)	王满 王江源		
[标]发明人	王江源 王满		
发明人	王江源 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 A61B5/7203 A61B5/7225 A61B5/725 A61B5/7264 A61B5/746		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

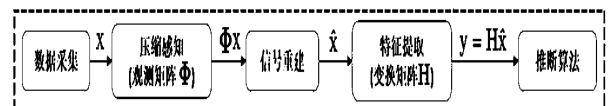
摘要(译)

本发明公开了一种基于心脏功能动态监测与分析的数据压缩系统及方法，所述数据压缩系统，包括所述的数据采集装置、数据压缩装置和压缩域数据处理装置。本发明数据压缩技术应用于便携式心脏智能贴片系统，以可穿戴设备的形式佩戴于人体胸壁，对心脏机械振动进行体外监测，连续地、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 and 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意义重大。

A. Nyquist频率采样，信号不压缩



B. 压缩感知+信号重建



C. 压缩感知+压缩域计算

