



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110151138 B

(45) 授权公告日 2021.08.24

(21) 申请号 201910460074.6

(22) 申请日 2019.05.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110151138 A

(43) 申请公布日 2019.08.23

(73) 专利权人 中山大学
地址 510275 广东省广州市新港西路135号

(72) 发明人 刘官正 贺奥迪

(74) 专利代理机构 广州市智远创达专利代理有限公司 44619
代理人 王会龙

(51) Int.Cl.
A61B 5/00 (2006.01)
A61B 5/318 (2021.01)
A61B 5/352 (2021.01)

(56) 对比文件

CN 106361277 A, 2017.02.01

CN 109350014 A, 2019.02.19

CN 109620208 A, 2019.04.16

US 2016287122 A1, 2016.10.06

US 2015164410 A1, 2015.06.18

CN 103479349 A, 2014.01.01

Ahsan H.Khandoker等.Support Vector
Machines for Automated Recognition of
Obstructive Sleep Apnea Syndrome From ECG
Recordings.《IEEE TRANSACTIONS ON
INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE》
.2009,第13卷(第1期),第37-48页.

审查员 胡琴明

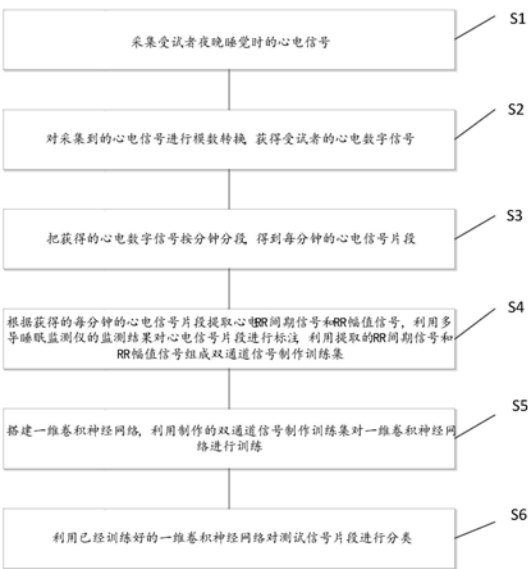
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法、设备

(57) 摘要

本发明公开了一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法及设备,方法包括:采集受试者夜间睡眠期间的心电信号;对采集到的心电信号进行模数转换,获得受试者心电数字信号;把心电信号按分钟分成一分钟片段;根据获得的每分钟心电信号提取RR间期信号和RR幅值信号;利用本发明提出的一维卷积神经网络对信号进行分类。本发明提出的一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法具有简单易行,准确性好,能够快速准确地测量受试者的呼吸暂停片段,进而实现对睡眠呼吸暂停疾病的早期检测。



1. 一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备, 其特征在于, 包括存储器以及处理器, 所述存储器内存储有可执行代码, 所述可执行代码能够被所述处理器执行以实现如下步骤:

S1、采集受试者夜晚睡觉时的心电信号;

S2、对采集到的心电信号进行模数转换, 获得受试者的心电数字信号;

S3、把获得的心电数字信号按分钟分段, 得到每分钟的心电信号片段;

S4、根据获得的每分钟的心电信号片段提取心电RR间期信号和RR幅值信号, 利用多导睡眠监测仪的监测结果对心电信号片段进行标注, 利用提取的RR间期信号和RR幅值信号组成双通道信号制作训练集;

S5、搭建一维卷积神经网络, 利用制作的双通道信号制作训练集对一维卷积神经网络进行训练;

S6、利用已经训练好的一维卷积神经网络对测试信号片段进行分类; 其中, 步骤S4具体包括:

S41、将心电数字信号记为 Q , 把心电信号按分钟分段, 第 n 分钟的心电信号片段记作 Q_n , 即 $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$;

S42、对每分钟的心电信号片段进行滤波, 然后采用Pan-Tompki算法提取出R波位置对提取的R波进行校正, 相邻的后一个R波减去前一个R波得到RR间期序列作为第一通道; 同时根据R波位置得到的RR幅值序列作为第二通道;

S43、分别对第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行滤波, 以去除受噪声干扰的值以及舍弃信号差的片段;

S44、分别对第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行去均值处理;

S45、对每分钟的第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行填充, 填充到统一长度 k ;

S46、利用多导睡眠监测仪的监测结果对每分钟的心电信号片段进行标注, 将正常片段标注为0, 暂停片段标注为1, 利用提取的RR间期序列和RR幅值序列组成双通道信号制作训练集; 其中, 步骤S45中, 填充方法如下:

记第 n 分钟的第一通道的RR序列为 $R_n = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$, 记第 n 分钟的第二通道的RR幅值序列为 $Q_n = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$, 用原始序列前面的数据填充到后面, 填充到统一长度 k , 填充后结果为 $R'_n = \{r_1, r_2, \dots, r_m, r_1, r_2, \dots, r_{k-\lfloor \frac{k}{m} \rfloor * m}\}$, $Q'_n = \{q_1, q_2, \dots, q_m, q_1, q_2, \dots, q_{k-\lfloor \frac{k}{m} \rfloor * m}\}$, 其中 R'_n 和 Q'_n 的长度均为 K 。

2. 根据权利要求1所述一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备, 其特征在于上述步骤S5具体包括:

S51、搭建一维卷积神经网络;

S52、把双通道信号制作训练集进行零均值化和归一化处理, 把数据转换成均值为0, 标准差为1的数据, 转化函数为 $x^* = \frac{x-\mu}{\sigma}$, 其中 μ 为所有训练样本数据的均值, σ 为所有双通道信号制作训练集的标准差, 把双通道信号制作训练集求得的 μ 和 σ 用于测试集, 对测试集进行零均值化和归一化;

S53、搭建一维卷积神经网络,利用双通道信号制作训练集对一维卷积神经网络进行训练。

基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法、设备

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗监测技术领域,尤其涉及一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法、设备。

背景技术

[0002] 目前全球约有9.36亿人患有睡眠呼吸暂停(OSA),我国约有6000万人患有该类疾病,睡眠呼吸暂停患者容易产生白天困倦、注意力不集中等症状,长期的睡眠呼吸暂停容易引起高血压、冠心病、脑血栓等疾病。因此,睡眠呼吸暂停的及时诊断具有很重要的意义。

[0003] 目前,睡眠呼吸暂停诊断的金标准是多导睡眠监测(PSG),多导睡眠监测仪连续记录心电图(ECG)、脑电图(EEG)、眼电图(EOG)、肌电图(EMG)、呼吸气流、血氧饱和度、胸腹式呼吸运动、鼾声等生理信号,记录后经过人工逐项核实。中国6000万睡眠呼吸暂停患者,确诊的不到1%,接受治疗的不到0.1%,中国的诊断率和治疗率都太低,其中的主要原因有人没有充分认识到睡眠呼吸暂停的危害,睡眠呼吸暂停诊断比较麻烦,费用高,以及记录的信号需要医生进行大量的分析,医生的工作量比较大。为了更加便捷快速的完成睡眠呼吸暂停的初步筛查,大量的研究者探索仅采用心电图、口鼻气流、鼾声中的一个信号或几个信号完成对睡眠呼吸暂停的初步筛查。1984年,Guilleminaultd等人观察了400个睡眠呼吸暂停综合症患者的连续24个小时的心电图和PSG图,发现当患者出现呼吸暂停症状开始时,心率减慢,当恢复正常时,心率加快,提出了心率变异性可以用来检测睡眠呼吸暂停综合症。除了用从心电信号提取的RR间期序列检测睡眠呼吸暂停综合症外,还可以从心电信号的幅值变化检测,人在呼吸时胸部的电阻抗由于肺容量的变化而改变,其次,由于心脏相对于EEG电极的位移和方向的变化,造成心脏矢量改变。

[0004] 在目前的利用单导数据进行睡眠呼吸暂停检测方法中,大部分方法都只停留在利用从心电信号提取的RR间期信号进行分析,然而从心电信号提取RR间期信号时丢失了心电幅值的信息,没有充分利用心电信号所包含的信息。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对上述存在问题和不足,提供一种技术简单易行,测量准确更具有鲁棒性的基于RR间期和RR幅值双通道序列的基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法、设备。

[0006] 本发明实施例提供了一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法,包括以下步骤:

[0007] S1、采集受试者夜晚睡觉时的心电信号;

[0008] S2、对采集到的心电信号进行模数转换,获得受试者的心电数字信号;

[0009] S3、把获得的心电数字信号按分钟分段,得到每分钟的心电信号片段;

[0010] S4、根据获得的每分钟的心电信号片段提取心电RR间期信号和RR幅值信号,利用多导睡眠监测仪的监测结果对心电信号片段进行标注,利用提取的RR间期信号和RR幅值信

号组成双通道信号制作训练集；

[0011] S5、搭建一维卷积神经网络，利用制作的双通道信号制作训练集对一维卷积神经网络进行训练；

[0012] S6、利用已经训练好的一维卷积神经网络对测试信号片段进行分类。

[0013] 优选地，步骤S4具体包括：

[0014] S41、将心电数字信号记为Q，把心电信号按分钟分段，第n分钟的心电信号片段记作 Q_n ，即 $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ ；

[0015] S42、对每分钟的心电信号片段进行滤波，然后采用Pan-Tompki算法提取出R波位置对提取的R波进行校正，相邻的后一个R波减去前一个R波得到RR间期序列作为第一通道；同时根据R波位置得到的RR幅值序列作为第二通道；

[0016] S43、分别对第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行滤波，以去除受噪声干扰的值以及舍弃信号差的片段；

[0017] S44、分别对第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行去均值处理；

[0018] S45、对每分钟的第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行填充，填充到统一长度k；

[0019] S46、利用多导睡眠监测仪的监测结果对每分钟的心电信号片段进行标注，将正常片段标注为0，暂停片段标注为1，利用提取的RR间期序列和RR幅值序列组成双通道信号制作训练集。

[0020] 优选地，步骤S45中，填充方法如下：

[0021] 记第n分钟的第一通道的RR序列为 $R_n = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ ，记第n分钟的第二通道的RR幅值序列为 $Q_n = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ ，用原始序列前面的数据填充到后面，填充到统一长度k，填充后结果为 $R'_n = \{r_1, r_2, \dots, r_m, r_1, r_2, \dots, r_{k-\lfloor \frac{k}{m} \rfloor * m}\}$ ， $Q'_n = \{q_1, q_2, \dots, q_m, q_1, q_2, \dots, q_{k-\lfloor \frac{k}{m} \rfloor * m}\}$ ，其中 R'_n 和 Q'_n 的长度均为K。

[0022] 优选地，上述步骤S5具体包括：

[0023] S51、搭建一维卷积神经网络；

[0024] S52、把双通道信号制作训练集进行零均值化和归一化处理，把数据转换成均值为0，标准差为1的数据，转化函数为 $x^* = \frac{x - \mu}{\sigma}$ ，其中 μ 为所有训练样本数据的均值， σ 为所有双通道信号制作训练集的标准差，把双通道信号制作训练集求得的 μ 和 σ 用于测试集，对测试集进行零均值化和归一化；

[0025] S53、搭建一维卷积神经网络，利用双通道信号制作训练集对一维卷积神经网络进行训练。

[0026] 本发明实施例还提供了一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备，其特征在于，包括存储器以及处理器，所述存储器内存储有可执行代码，所述可执行代码能够被所述处理器执行以实现如上述的基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法。

[0027] 本发明与现有技术相比，具有如下有益效果：

[0028] 本发明在处理心电信号时不仅仅提取RR间期信号，同时还提取R波对应的幅值信息，更加充分的利用了心电信号中所包含的睡眠呼吸暂停信息，提高了睡眠呼吸暂停片段

识别的准确率；

[0029] 本发明采用一维卷积神经网络的方法对睡眠呼吸暂停片段进行识别检测,相比于传统的机器学习,卷积神经网络具有更强的学习能力,随着数据规模的增加,卷积神经网络的性能不断增长。

[0030] 同时,本发明在训练好网络之后不需要再额外采集呼吸信号、血氧信号以及脑电信号等额外信号,只需要采集心电信号即可。同时,由于本发明采用的网络具有强大的功能,随着训练集的扩增,准确性会进一步提升,因此在实现方面较为可行。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0032] 图1是本发明实施例提供的一维卷积神经网络识别睡眠呼吸暂停的片段的方法流程图。

[0033] 图2是本发明实施例提供的RR间期序列和RR幅值序列的双通道信号波形图。

[0034] 图3是本发明实施例提供的一维卷积神经网络模型示意图。

具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 请参阅图1,本发明实施例提供了一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法,其包括以下步骤:

[0037] S1、采集受试者夜晚睡觉时的心电信号。

[0038] S2、对采集到的心电信号进行模数转换,获得受试者的心电数字信号。

[0039] S3、把获得的心电数字信号按分钟分段,得到每分钟的心电信号片段。

[0040] S4、根据获得的每分钟的心电信号片段提取心电RR间期序列和RR幅值序列,利用多导睡眠监测仪(PSG)的监测结果对心电信号片段进行标注,利用提取的RR间期序列和RR幅值序列组成双通道信号制作训练集。

[0041] 其中,步骤S4具体包括:

[0042] S41、将心电数字信号记为 Q ,把心电信号按分钟分段,第 n 分钟的心电信号片段记作 Q_n ,即 $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ 。

[0043] S42、对每分钟的心电信号片段进行滤波,然后采用Pan-Tompki算法提取出R波位置对提取的R波进行校正,相邻的后一个R波减去前一个R波得到RR间期序列作为第一通道;同时根据R波位置得到的RR幅值序列作为第二通道(如图2所示)。

[0044] S43、分别对第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行滤波,以去除受噪声干扰的值以及舍弃信号差的片段。

[0045] S44、分别对第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行去均值处理。

[0046] S45、对每分钟的第一通道的RR间期序列和第二通道的RR幅值序列进行填充,填充到统一长度k。

[0047] 其中,具体的填充方法如下:

[0048] 记第n分钟的第一通道的RR序列为 $R_n = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$,记第n分钟的第二通道的RR幅值序列为 $Q_n = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$,用原始序列前面的数据填充到后面,填充到统一长度k,填充后结果为 $R'_n = \left\{r_1, r_2, \dots, r_m, r_1, r_2, \dots, r_{k-\lfloor \frac{k}{m} \rfloor * m}\right\}$, $Q'_n = \left\{q_1, q_2, \dots, q_m, q_1, q_2, \dots, q_{k-\lfloor \frac{k}{m} \rfloor * m}\right\}$,其中 R'_n 和 Q'_n 的长度均为K。

[0049] S46、利用多导睡眠监测仪的监测结果对每分钟的心电信号片段进行标注,将正常片段标注为0,暂停片段标注为1,利用提取的RR间期序列和RR幅值序列组成双通道信号制作训练集。

[0050] 也就是说,本发明实施例是在获得受试者心电数字信号,提取出心电数字信号的RR间期信号和RR幅值信号,把RR间期和RR幅值信号组合成双通道信号来训练搭建的一维卷积神经网络。

[0051] S5、搭建一维卷积神经网络,利用制作的训练集对一维卷积神经网络进行训练。

[0052] 其中,步骤S5具体包括:

[0053] S51、搭建一维卷积神经网络。

[0054] 其中,一维卷积神经网络的结构如图3所示。

[0055] S52、把双通道信号制作训练集进行零均值化和归一化处理,把数据转换成均值为0,标准差为1的数据,转化函数为 $x^* = \frac{x - \mu}{\sigma}$,其中 μ 为所有训练样本数据的均值, σ 为所有双通道信号制作训练集的标准差,把双通道信号制作训练集求得的 μ 和 σ 用于测试集,对测试集进行零均值化和归一化。

[0056] S53、搭建一维卷积神经网络,利用双通道信号制作训练集对一维卷积神经网络进行训练。

[0057] S6、利用已经训练好的一维卷积神经网络对测试信号片段进行分类。

[0058] 具体实施时,制作训练集和测试集所用的心电信号来自于多导睡眠监测仪(PSG)采集的心电信号,把得到的心电数字信号按分钟进行分段,由医生参照PSG的其它通道信号对每分钟心电信号片段进行标注,然后从心电信号中提取RR间期信号及RR幅值信号来制作训练集和测试集,通过训练集来训练搭建的一维卷积神经网络,最后用测试集测试网络的性能。

[0059] 综上所述,本发明实施例提供的一种基于卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测方法,通过从心电信号中提取的RR间期和RR幅值双通道序列作为训练网络和识别的特征,采用本发明,既能排除心电信号中的大部分噪声,又能进一步保留心电信号中包含的睡眠呼吸暂停信息。在卷积神经网络训练完成后只需采集心电信号即可快速完成睡眠呼吸暂停的识别。本发明提供的方法简单易行,抗干扰效果好,操作简单,能够快速准确地测量受试者的每分钟睡眠情况,进而实现对睡眠呼吸暂停的早期检测。

[0060] 本发明实施例还提供了一种一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备,其包括存储器以及处理器,所述处理器内存储有可执行代码,所述可执行代码能够被所述处

理器执行以实现如上述实施例所述的方法。

[0061] 示例性的,所述可执行代码可以被分割成一个或多个单元,所述一个或者多个单元被存储在所述存储器中,并由所述处理器执行,以完成本发明。所述一个或多个单元可以是能够完成特定功能的一系列可执行代码指令段,该指令段用于描述所述可执行代码在一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备中的执行过程。

[0062] 所述一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备可包括但不限于处理器、存储器。本领域技术人员可以理解,所述示意图仅仅是一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备的示例,并不构成对一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0063] 所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所述一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备的控制中心,利用各种接口和线路连接整个一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备的各个部分。

[0064] 所述存储器可用于存储所述可执行代码和/或模块,所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的可执行代码和/或模块,以及调用存储在存储器内的数据,实现所述一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等)等;存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据(比如音频数据、电话本等)等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0065] 其中,所述一维卷积神经网络的睡眠呼吸暂停片段检测设备集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过可执行代码来指令相关的硬件来完成,所述的可执行代码可存储于一计算机可读存储介质中,该可执行代码在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述可执行代码包括可执行代码代码,所述可执行代码代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述可执行代码代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

[0066] 需说明的是,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。另外,本发明提供的装置实施例附图中,模块之间的连接关系表示它们之间具有通信连接,具体可以实现为一条或多条通信总线或信号线。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0067] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

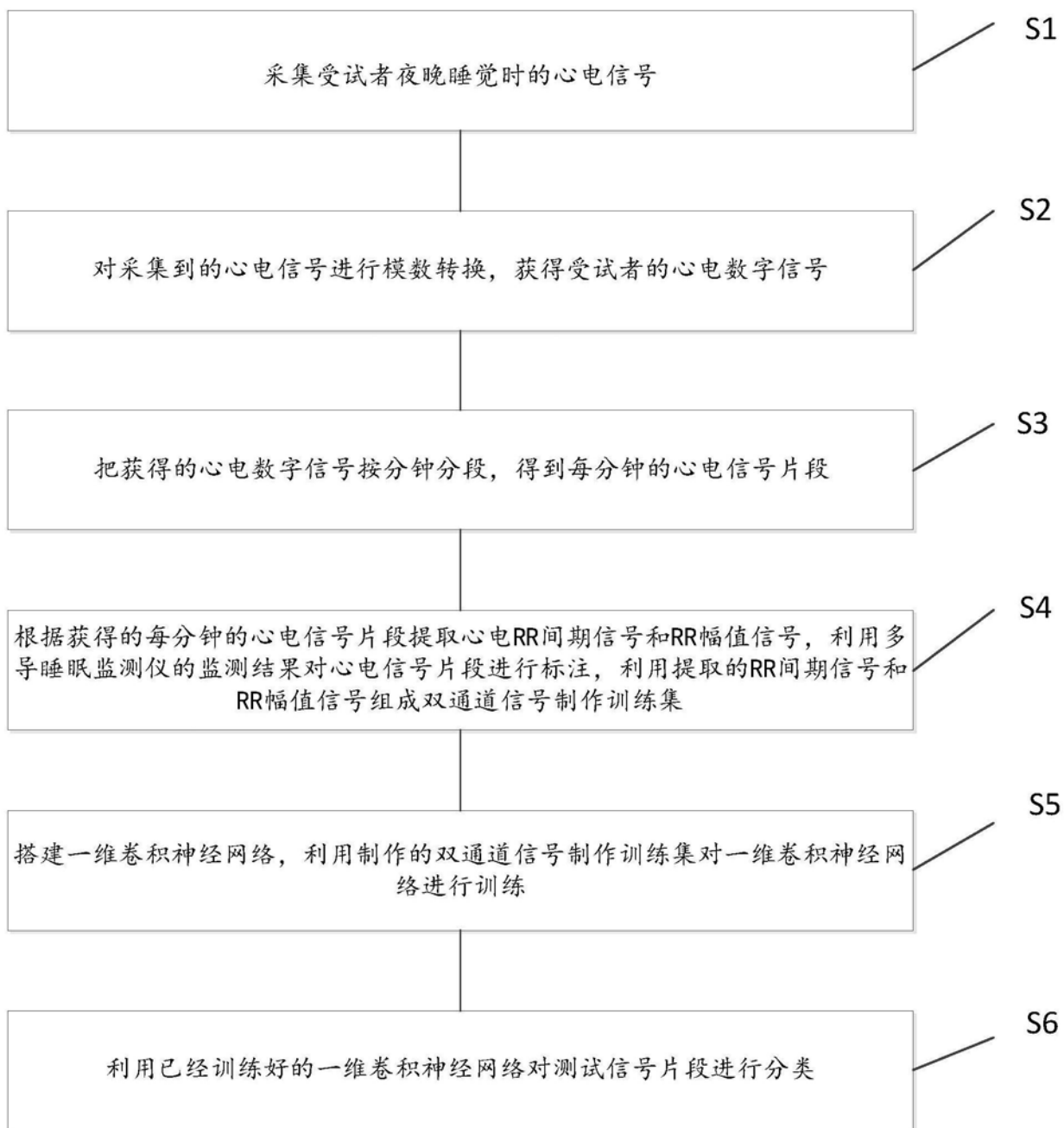


图1

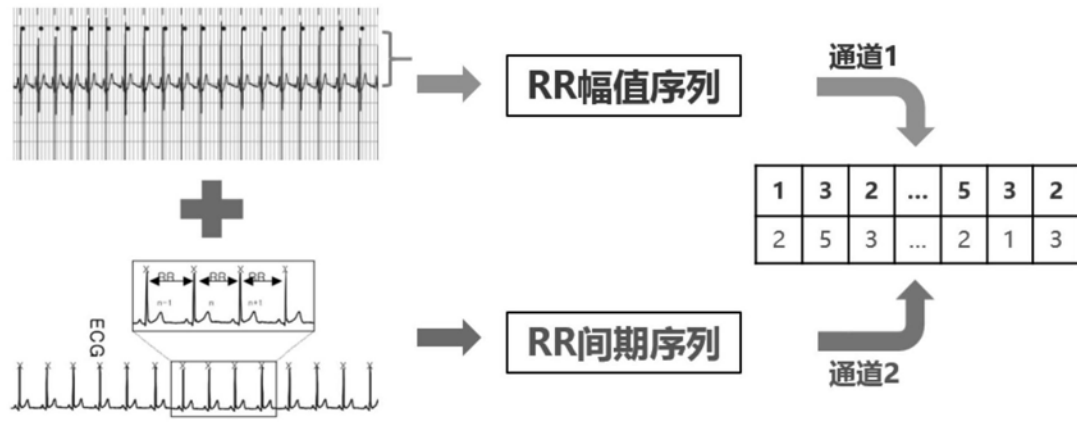


图2

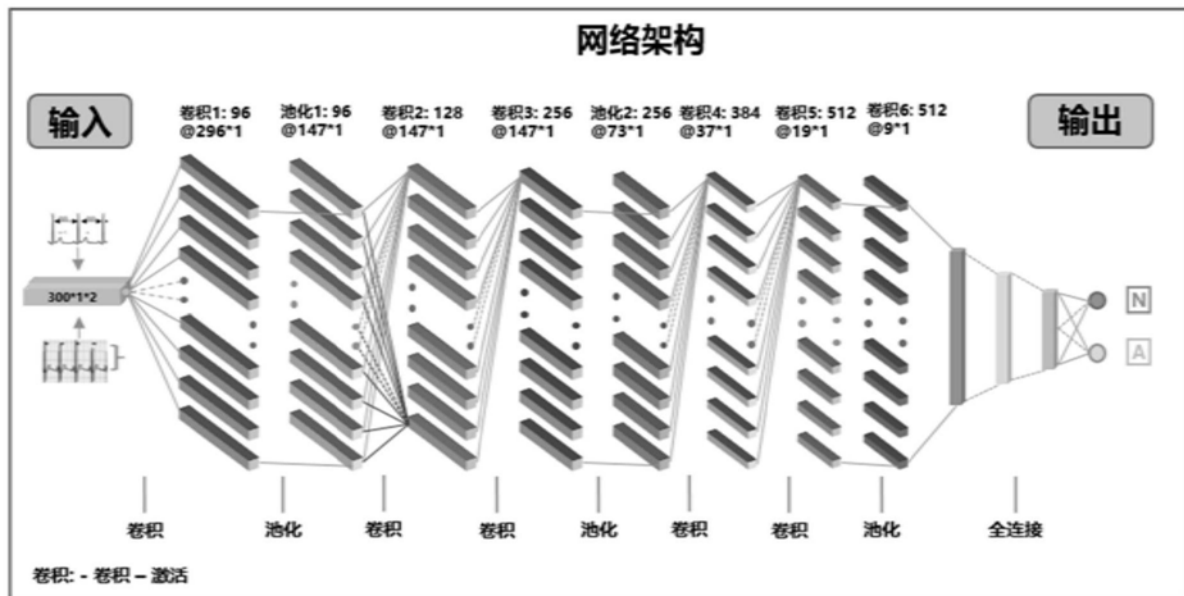


图3