



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107049283 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201710408201.9

(22)申请日 2017.06.02

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

(72)发明人 洪弘 蒋洁 顾陈 李彧晟 孙理

朱晓华 熊俊军 张力

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 马鲁晋

(51) Int. Cl.

A61B 5/0205(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

G06F 7/02(2006.01)

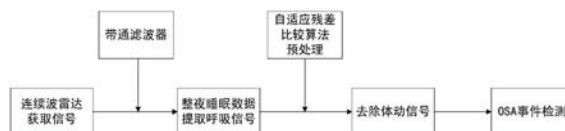
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,首先从整夜的睡眠数据,包括呼吸、心跳、体动中滤除心跳信号。之后,从呼吸和体动的混合信号中分析数据并提取特征,利用自适应残差比较算法,能够获得实时的正常呼吸幅度,用作睡眠呼吸暂停的判决门限。最后,根据国际判定睡眠呼吸暂停的标准,判决整夜信号中是否出现呼吸暂停,每次呼吸暂停的起始时间、停止时间、每次暂停的时间间隔以及每小时呼吸暂停的次数。本发明方法有效可行,性能可靠,可以准确地判决整夜睡眠中是否出现呼吸暂停。



1. 一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、用连续波雷达采集整夜睡眠信号,具体为:首先利用连续波雷达对人体进行检测,获取生命体征信号,该生命体征信号包括呼吸、心跳和体动;之后对生命体征信号进行解调,通过带通滤波器去除心跳和杂波,得到整夜呼吸和体动的混合信号;

步骤2、基于门限判决法,从整夜呼吸和体动的混合信号中判定体动的起始点和停止点;

步骤3、对步骤2判定的体动信号进行误判纠正,具体是删除误判的体动起始点和停止点,从而得到准确的起始点和停止点;

步骤4、根据步骤3得到的体动起始点和停止点提取出非体动区间,在非体动区间进行睡眠呼吸暂停事件的判决,最后检测出是否出现呼吸暂停事件。

2. 根据权利要求1所述的基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,其特征在于,步骤2中基于门限判决法,从整夜呼吸和体动的混合信号中判定体动的起始点和停止点,具体为:

步骤2-1、判定体动起始点:首先,取出所有峰值点,以一次正常呼吸的最小值 T_a 作为峰值点间最小间隔,剔除间隔小于 T_a 的峰值点;之后,比较相邻峰值点,若后一峰值点幅值 P_B 为前一峰值点幅值 P_A 的 p 倍,则后一峰值点标为体动起始点,即体动起始点判定门限为:

$$P_B > pP_A$$

步骤2-2、判定体动停止点:遍历体动起始点后的峰值点,若前一次峰值点幅值 P_A 与后一次峰值点幅值 P_B 之差小于前一次峰值点幅值 P_A 的 q 倍,则后一峰值点标为体动停止点,即体动停止点判定门限为:

$$P_A - P_B < qP_A。$$

3. 根据权利要求1所述的基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,其特征在于,所述步骤3所述误判纠正包括体动信号的初筛选和再筛选两个步骤,具体为:

步骤3-1、体动信号初筛选,对体动的起始点和停止点之间的信号进行误判纠正,选取一段时间 T_b , T_b 的单位为秒,计算时间 T_b 内过零率,若过零率小于 $T_b/2$ 次属于呼吸信号,即出现体动误判则不计入体动信号,否则将其计入体动信号;

步骤3-2、体动信号再筛选,利用残差比较算法进行误判纠正,所述残差比较算法为:以横轴为零的中线将信号分为正部分和负部分,每个部分内插 N 个点,相邻正部分定义为 $X(n)$ 和 $Y(n)$, $X(n)$ 和 $Y(n)$ 分别对应的 N 个内插值之差求和即为残差值 R ,连续三次残差值 R 都趋于0,则不计入体动信号,否则将其计入体动信号,所述残差值 R 的计算公式如下:

$$R = \sum_{n=1}^N [X(n) - Y(n)]$$

步骤3-3、在对体动信号进行误判纠正后,删除误判的体动起始点和停止点。

4. 根据权利要求1所述的基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,其特征在于,所述步骤4中进行睡眠呼吸暂停事件的判决分为预判决和最终判决,具体方法为:

步骤4-1、确定非体动区间的起始点和停止点,其中,当前非体动区间的起始点为前一次体动信号的停止点,当前非体动区间的停止点为后一次体动信号的起始点;

步骤4-2、对睡眠呼吸暂停事件进行预判决,首先在非体动区间取峰值点,之后取非体动区间峰值点的最大值作为呼吸暂停的预判门限值pre_Thd;接着,遍历峰值点,当呼吸幅值小于预判门限值的1/10,且持续时间为10s及以上则判定为一次可能的睡眠呼吸暂停事件;

步骤4-3、对睡眠呼吸暂停事件进行最终判决,首先,取一次可能的睡眠呼吸暂停事件的起始点前10s的呼吸信号;之后,取该10s的呼吸信号内的峰值点,并取峰值点的均值作为正常呼吸的参考幅值,即自适应的最终判决门限fin_Thd;当一次可能呼吸暂停事件的呼吸幅值小于最终判决门限值的1/10,且持续时间为10s及以上则最终判定为一次呼吸暂停事件。

一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及雷达领域,具体涉及一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法。

背景技术

[0002] 睡眠呼吸暂停是一种在睡眠过程中无意识的呼吸中止,通常高达98%的睡眠呼吸暂停综合征患者会打鼾,并且伴有一系列并发症,是一种不易在平时的睡眠中被发现的潜在睡眠健康疾病。临床研究表明睡眠呼吸暂停是多种疾病的根源,如代谢紊乱,高血压,冠心病,糖尿病和中风等。而睡眠呼吸暂停综合征是指在连续7个小时的睡眠过程中出现30次以上的呼吸暂停事件,且每次停止时间为10s及以上。医学上,用AHI (apnea-hypopnea index)呼吸暂停/低通气指数,即每小时出现呼吸暂停或低通气事件的次数,来衡量睡眠呼吸暂停综合征患者的病情程度,AHI在5~20者为轻度,AHI在21~40者为中度,AHI高于40者为重度。

[0003] 目前,可以最有效检测睡眠呼吸暂停事件的医学手段是多导睡眠图监测仪(PSG),它可以长时间监测患者睡眠状况如呼吸、低氧、心电及血压的变化,对整夜睡眠结构进行全面的评估,从而判断呼吸暂停疾病的严重程度。虽然PSG已经作为国际认可的诊断睡眠呼吸暂停综合征的金标准,能监测到全面的生理参数,有利于医生做出准确诊断,但其价格昂贵,受地域性限制,先前准备较多且操作复杂,需要患者全身多处与传感器直接相连,易造成患者体感不适,睡眠心理障碍,从而影响监测的准确性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,可以完成睡眠呼吸暂停综合征的检测,准确率高,简单易行。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤1、用连续波雷达采集整夜睡眠信号,具体为:首先利用连续波雷达对人体进行检测,获取生命体征信号,该生命体征信号包括呼吸、心跳和体动;之后对生命体征信号进行解调,通过带通滤波器去除心跳和杂波,得到整夜呼吸和体动的混合信号。

[0007] 步骤2、基于门限判决法,从整夜呼吸和体动的混合信号中判定体动的起始点和停止点。

[0008] 步骤2-1、判定体动起始点:首先,取出所有峰值点,以一次正常呼吸的最小值 T_a 作为峰值点间最小间隔,剔除间隔小于 T_a 的峰值点。之后,比较相邻峰值点,若后一峰值点幅值 P_B 为前一峰值点幅值 P_A 的 p 倍,则后一峰值点标为体动起始点,即体动起始点判定门限为:

[0009] $P_B > pP_A$

[0010] 步骤2-2、判定体动停止点:遍历体动起始点后的峰值点,若前一次峰值点幅值 P_A 与后一次峰值点幅值 P_B 之差小于前一次峰值点幅值 P_A 的 q 倍,则后一峰值点标为体动停止

点,即体动停止点判定门限为:

[0011] $P_A - P_B < qP_A$ 。

[0012] 步骤3、对步骤2判定的体动信号进行误判纠正,具体是删除误判的体动起始点和停止点,从而得到准确的起始点和停止点。

[0013] 步骤3-1、体动信号初筛选,对体动的起始点和停止点之间的信号进行误判纠正,选取一段时间 T_b , T_b 的单位为秒,计算时间 T_b 内过零率,若过零率小于 $T_b/2$ 次属于呼吸信号,即出现体动误判则不计入体动信号,否则将其计入体动信号;

[0014] 步骤3-2、体动信号再筛选,利用残差比较算法进行误判纠正,所述残差比较算法为:以横轴为零的中线将信号分为正部分和负部分,每个部分内插 N 个点,相邻正部分定义为 $X(n)$ 和 $Y(n)$, $X(n)$ 和 $Y(n)$ 分别对应的 N 个内插值之差求和即为残差值 R ,连续三次残差值 R 都趋于0,则不计入体动信号,否则将其计入体动信号,所述残差值 R 的计算公式如下:

$$[0015] \quad R = \sum_{n=1}^N [X(n) - Y(n)]$$

[0016] 步骤3-3、在对体动信号进行误判纠正后,删除误判的体动起始点和停止点。

[0017] 步骤4、根据步骤3得到的体动起始点和停止点提取出非体动区间,在非体动区间进行睡眠呼吸暂停事件的判决,最后检测出是否出现呼吸暂停事件。

[0018] 步骤4-1、确定非体动区间的起始点和停止点,其中,当前非体动区间的起始点为前一次体动信号的停止点,当前非体动区间的停止点为后一次体动信号的起始点;

[0019] 步骤4-2、对睡眠呼吸暂停事件进行预判决,首先在非体动区间取峰值点,之后取非体动区间峰值点的最大值作为呼吸暂停的预判门限值 pre_Thd ;接着,遍历峰值点,当呼吸幅值小于预判门限值的 $1/10$,且持续时间为 $10s$ 及以上则判定为一次可能呼吸暂停事件;

[0020] 步骤4-3、对睡眠呼吸暂停事件进行最终判决,首先,取一次可能的睡眠呼吸暂停事件的起始点前 $10s$ 的呼吸信号;之后,取该 $10s$ 的呼吸信号内的峰值点,并取峰值点的均值作为正常呼吸的参考幅值,即自适应的最终判决门限 fin_Thd ;当一次可能呼吸暂停事件的呼吸幅值小于最终判决门限值的 $1/10$,且持续时间为 $10s$ 及以上则最终判定为一次呼吸暂停事件。

[0021] 本发明与现有技术相比,其显著优点在于:1)本发明利用连续波雷达可以实现整夜呼吸的非接触式监测,它不受患者的地域以及轻微身体活动限制,可以减少患者的生理和心理的不适感,操作简单;2)本发明提出一种自适应的残差比较算法,可以准确有效的筛选出整夜睡眠信号中出现呼吸暂停事件的次数、起始时间、停止时间以及每次停止时长,从而有助于判别患者睡眠呼吸暂停症状的程度;3)本发明方法简单有效,不受地域、人体活动限制,便于实施,准确率高。

[0022] 下面结合说明书附图对本发明做进一步描述。

附图说明

[0023] 图1为本发明实现睡眠呼吸暂停诊断的步骤框图。

[0024] 图2为体动信号的时域波形图。

[0025] 图3为正常呼吸幅度增大时的时域波形图。

[0026] 图4为残差比较的时域波形图。

[0027] 图5为呼吸暂停的时域波形图。

具体实施方式

[0028] 结合附图,本发明的一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法,包括以下步骤:

[0029] 步骤1、用连续波雷达采集整夜睡眠信号,具体为:首先利用连续波雷达对人体进行检测,获取生命体征信号,该生命体征信号包括呼吸、心跳和体动;之后对生命体征信号进行解调,通过带通滤波器去除心跳和杂波,得到整夜呼吸和体动的混合信号;

[0030] 步骤2、基于门限判决法,从整夜呼吸和体动的混合信号中判定体动的起始点和停止点;具体为:

[0031] 步骤2-1、判定体动起始点:首先,取出所有峰值点,以一次正常呼吸的最小值 T_a 作为峰值点间最小间隔,剔除间隔小于 T_a 的峰值点;之后,比较相邻峰值点,若后一峰值点幅值 P_B 为前一峰值点幅值 P_A 的 p 倍,则后一峰值点标为体动起始点,即体动起始点判定门限为:

$$[0032] \quad P_B > pP_A$$

[0033] 步骤2-2、判定体动停止点:遍历体动起始点后的峰值点,若前一次峰值点幅值 P_A 与后一次峰值点幅值 P_B 之差小于前一次峰值点幅值 P_A 的 q 倍,则后一峰值点标为体动停止点,即体动停止点判定门限为:

$$[0034] \quad P_A - P_B < qP_A.$$

[0035] 步骤3、对步骤2判定的体动信号进行误判纠正,具体是删除误判的体动起始点和停止点,从而得到准确的起始点和停止点;具体为:

[0036] 步骤3-1、体动信号初筛选,对体动的起始点和停止点之间的信号进行误判纠正,选取一段时间 T_b , T_b 的单位为秒,计算时间 T_b 内过零率,若过零率小于 $T_b/2$ 次属于呼吸信号,即出现体动误判则不计入体动信号,否则将其计入体动信号;

[0037] 步骤3-2、体动信号再筛选,利用残差比较算法进行误判纠正,所述残差比较算法为:以横轴为零的中线将信号分为正部分和负部分,每个部分内插 N 个点,相邻正部分定义为 $X(n)$ 和 $Y(n)$, $X(n)$ 和 $Y(n)$ 分别对应的 N 个内插值之差求和即为残差值 R ,连续三次残差值 R 都趋于0,则不计入体动信号,否则将其计入体动信号,所述残差值 R 的计算公式如下:

$$[0038] \quad R = \sum_{n=1}^N [X(n) - Y(n)]$$

[0039] 步骤3-3、在对体动信号进行误判纠正后,删除误判的体动起始点和停止点。

[0040] 步骤4、根据步骤3得到的体动起始点和停止点提取出非体动区间,在非体动区间进行睡眠呼吸暂停事件的判决,最后检测出是否出现呼吸暂停事件。进行睡眠呼吸暂停事件的判决分为预判决和最终判决,具体方法为:

[0041] 步骤4-1、确定非体动区间的起始点和停止点,其中,当前非体动区间的起始点为前一次体动信号的停止点,当前非体动区间的停止点为后一次体动信号的起始点;

[0042] 步骤4-2、对睡眠呼吸暂停事件进行预判决,首先在非体动区间取峰值点,之后取非体动区间峰值点的最大值作为呼吸暂停的预判门限值 pre_Thd ;接着,遍历峰值点,当呼吸幅值小于预判门限值的 $1/10$,且持续时间为10s及以上则判定为一次可能的睡眠呼吸暂停事件;

[0043] 步骤4-3、对睡眠呼吸暂停事件进行最终判决,首先,取一次可能的睡眠呼吸暂停事件的起始点前10s的呼吸信号;之后,取该10s的呼吸信号内的峰值点,并取峰值点的均值作为正常呼吸的参考幅值,即自适应的最终判决门限 f_{in_Thd} ;当一次可能呼吸暂停事件的呼吸幅值小于最终判决门限值的1/10,且持续时间为10s及以上则最终判定为一次呼吸暂停事件。

[0044] 本发明利用连续波雷达可以实现整夜呼吸的非接触式监测,它不受患者的地域以及轻微身体活动限制,可以减少患者的生理和心理的不适感,操作简单。

[0045] 下面进行更详细的描述。

[0046] 本发明的目的在于提供一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停事件检测方法,可用于有潜在睡眠疾病患者的自我监测,提前预防。系统采用连续波雷达,减少了正常接触式的睡眠监测仪对人体睡眠的生理和心理影响。下面结合附图对本发明中实施的技术方案作进一步具体说明。

[0047] 参照图1,基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停诊断的步骤如下:

[0048] 步骤1、用连续波雷达采集整夜睡眠信号,具体为:首先利用连续波雷达对人体进行检测,获取生命体征信号,该生命体征信号包括呼吸、心跳和体动;之后对生命体征信号进行解调,通过带通滤波器去除心跳和杂波,得到整夜呼吸和体动的混合信号;

[0049] 步骤2、基于门限判决法,从整夜呼吸和体动的混合信号中判定体动的起始点和停止点;

[0050] 步骤3、对步骤2判定的体动信号进行误判纠正,具体是删除误判的体动起始点和停止点,从而得到准确的起始点和停止点;

[0051] 步骤4、根据步骤3得到的体动起始点和停止点提取出非体动区间,在非体动区间进行睡眠呼吸暂停事件的判决,最后检测出是否出现呼吸暂停事件。

[0052] 参照图2,正常体动信号的幅度较大,根据多人多晚大量数据的多次比较得出,出现体动信号时,体动信号的幅度 P_B 至少约为前一次正常呼吸信号幅度 P_A 的 p 倍,这里 p 取值为4。这里进行体动信号去除,判定体动的起始点和停止点。体动起始点的判决门限即为前一次峰值点幅值的4倍,

[0053] $P_B > 4P_A$

[0054] 后一次峰值点幅值 P_B 大于门限则判定为体动起始点;体动停止点的判决门限即为前一次峰值点幅值 P_A 的 q 倍,这里 q 取值为0.5。前后峰值点幅值之差小于停止点的判决门限则判定为体动停止点。

[0055] $P_A - P_B < 0.5P_A$

[0056] 参照图3,正常呼吸时会出现呼吸幅度突然增大以及属于正常范围的潮式呼吸,这会影响体动事件的判决,因此需要对体动信号进行误判纠正。进行体动信号初筛选,选取 T_b 为10s的一段,计算10s内过零率,小于5次即出现体动误判则不计入体动信号。

[0057] 参照图4,体动信号再筛选是基于自适应残差比较算法,以横轴为零的中线将信号分为正部分和负部分,中线上部分为正部分,中线下部分为负部分,每个部分内插 N 个点,相邻的正部分(图中加粗部分)分别定义为 $X(n)$ 和 $Y(n)$, $X(n)$ 和 $Y(n)$ 分别对应的 N 个内插值之差求和即为残差值 R ,连续三次残差值 R 趋于0,则不计入体动信号。

[0058] 参照图5,睡眠呼吸暂停为两次正常呼吸之间,呼吸幅值小于正常呼吸幅值的1/10

且持续时间达10s及以上。这里正常呼吸的幅值参照图3可知,受人体与雷达的距离、人体体位以及生理的变化影响而实时地改变,因此需要自适应的门限取值,根据不同时间段正常呼吸的幅值进行呼吸暂停的预判决和最终判决。预判决:呼吸暂停的预判门限值pre_Thd,取非体动区间峰值点的最大值,呼吸幅值小于预判门限值的1/10,且持续时间为10s及以上则判定为一次可能呼吸暂停事件。最终判决:取预判决呼吸暂停事件的起始点前10s的呼吸信号,取该10s的呼吸信号内的峰值点,取峰值点的均值作为正常呼吸的参考幅值,得到自适应的最终判决门限fin_Thd。当呼吸幅值小于最终判决门限值的1/10,且持续时间为10s及以上则判定为一次呼吸暂停事件。

[0059] 下表1举出其中几次呼吸暂停事件具体的预判决和最终判决门限值,不同时间段呼吸幅值差别较大,预判决门限和最终判决门限有相同也有不同。

[0060] 表1预判决和最终判决门限值

[0061]

信号段	1	2	3	4	5	6
pre_Thd	0.2731	1.3314	0.2502	2.818	3.1081	0.8231
fin_Thd	0.2525	1.3314	0.2112	2.3547	2.0145	0.8231

[0062] 下表2、3,分别具体举出某病人整夜10个小时(22:00~8:00)睡眠信号中出现呼吸暂停事件较多的两个小时的呼吸暂停情况。

[0063] 表2第4个小时暂停情况

开始时间(s)	5303	5926	6123	8864
停止时间(s)	5320	5941	6138	8879
暂停时长(s)	17	15	15	15
第4小时暂停次数(AHI)	4			

[0065] 表3第9个小时暂停情况

开始时间(s)	30165	30202	30235	30276	30304	30405	30943	30960
停止时间(s)	30179	30213	30252	30292	30316	30416	30955	30971
暂停时长(s)	14	11	17	16	12	11	12	11
第9小时暂停次数(AHI)	8							

[0067] 由此得出具体每次呼吸暂停的起始时间、停止时间、每次暂停的时间间隔以及每小时睡眠呼吸暂停的次数即AHI指数,最终,可根据每小时睡眠呼吸暂停的次数即AHI指数来判断患者的睡眠呼吸暂停综合征的轻重程度,根据国际标准其中AHI在5~20范围内为轻度,AHI在21~40范围内为中度,AHI在>40范围内为重度。本发明利用连续波雷达可以实现整夜呼吸的非接触式监测,它不受患者的地域以及轻微身体活动限制,可以减少患者的生理和心理的不适感,操作简单。

[0068] 应当理解的是,本发明的上述具体实施方式仅用于示例性说明或解释本发明的原理,而不构成对本发明的限制。因此,在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。此外,本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

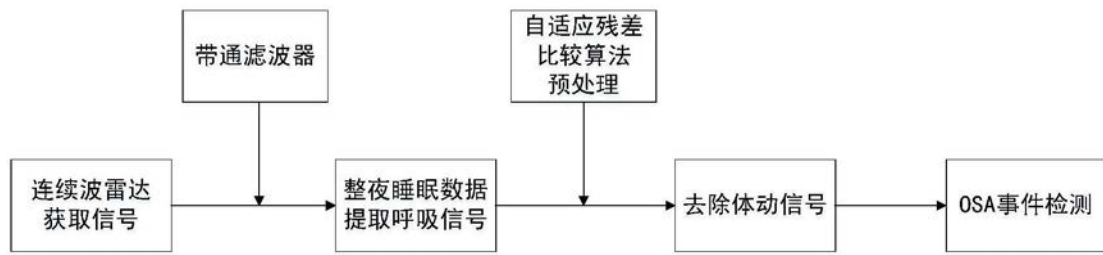


图1

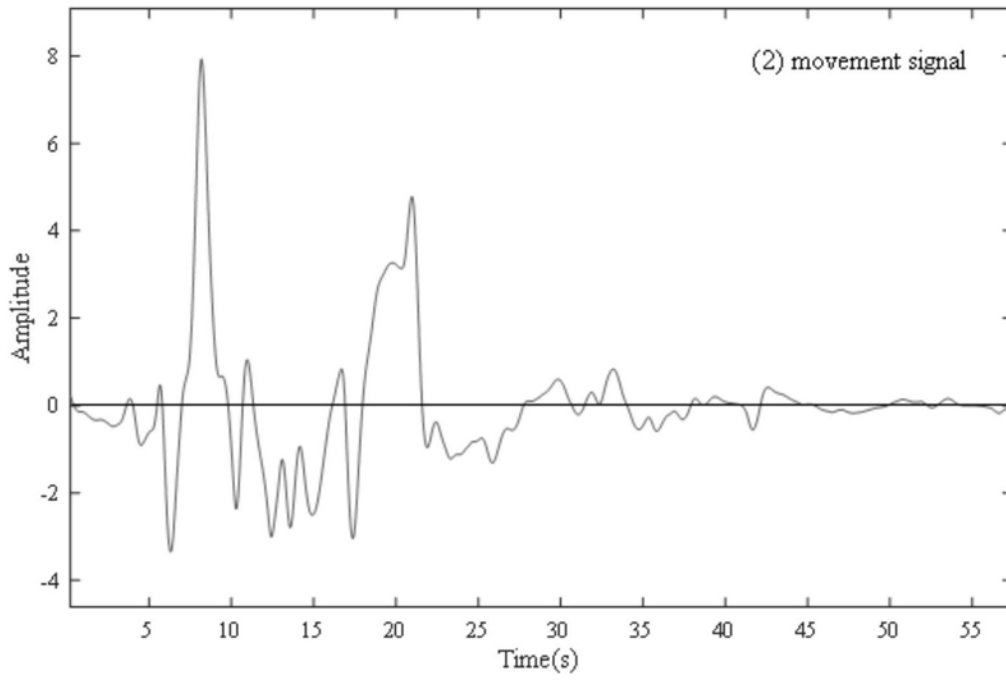


图2

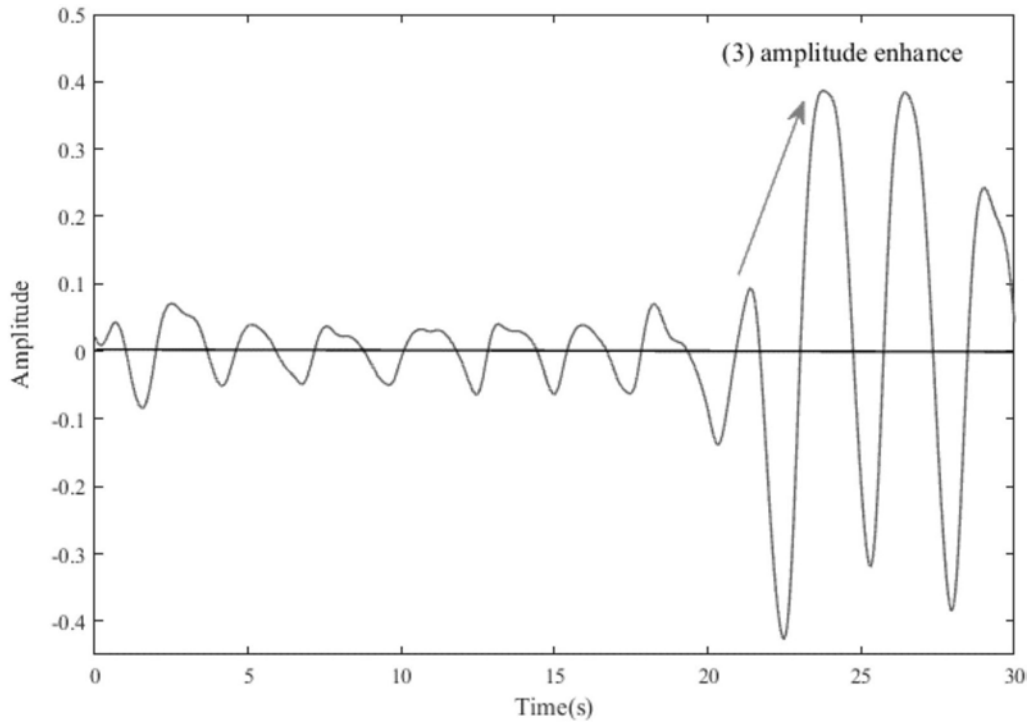


图3

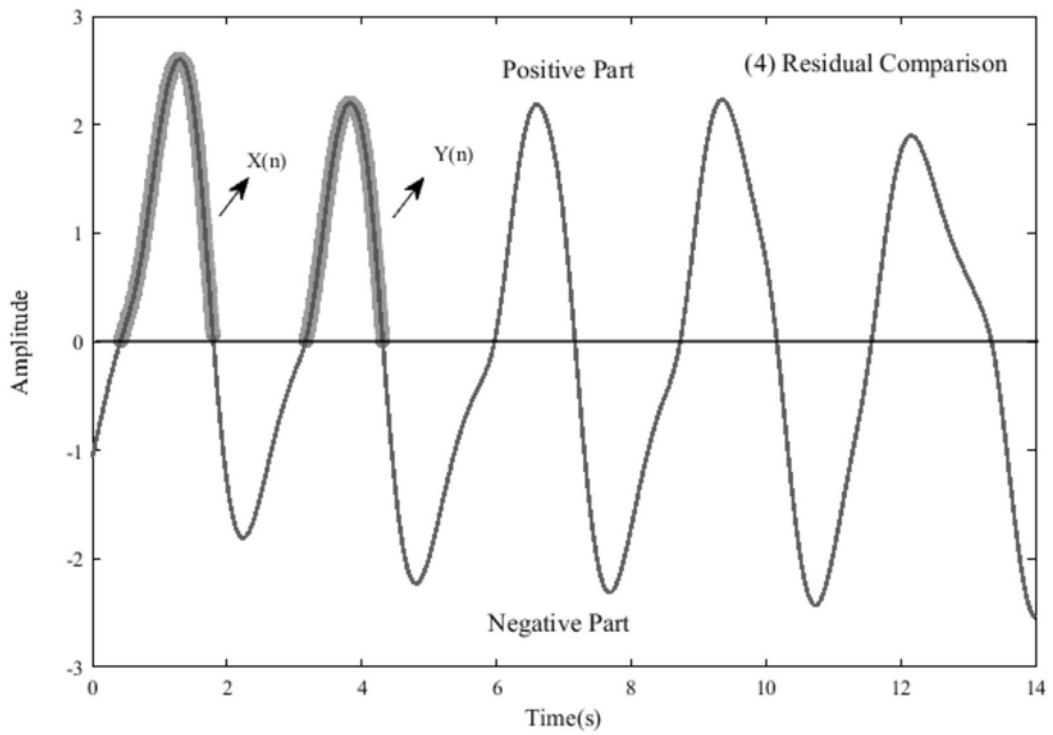


图4

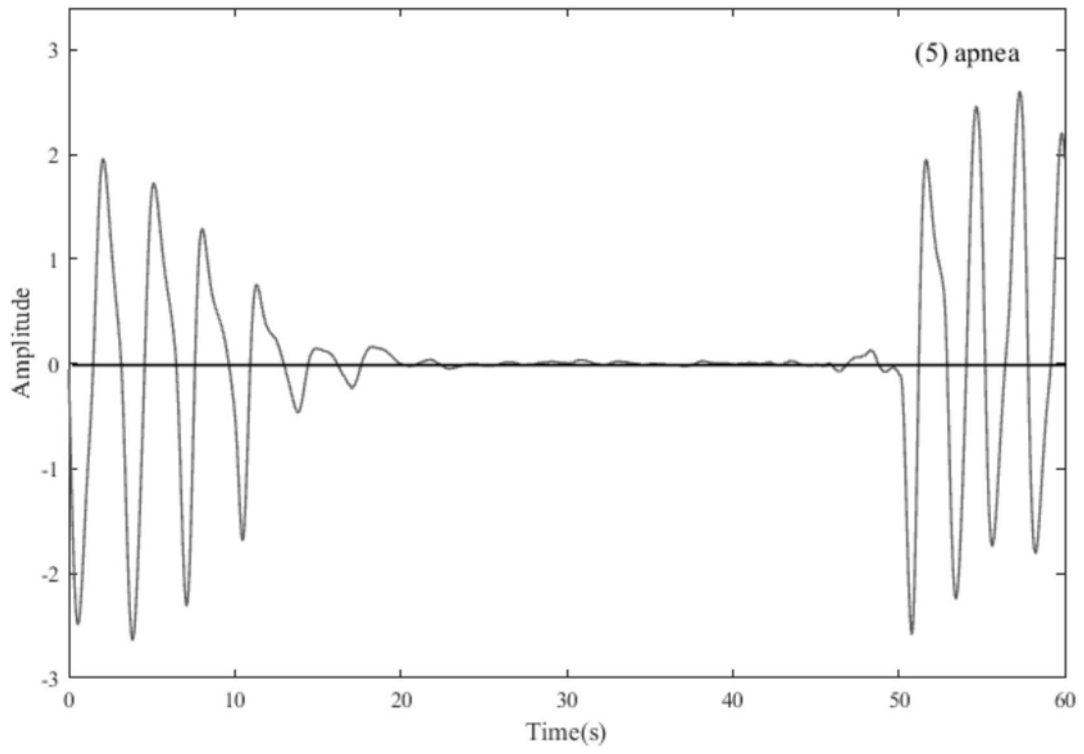


图5

专利名称(译)	一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法		
公开(公告)号	CN107049283A	公开(公告)日	2017-08-18
申请号	CN2017110408201.9	申请日	2017-06-02
[标]申请(专利权)人(译)	南京理工大学		
申请(专利权)人(译)	南京理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	南京理工大学		
[标]发明人	洪弘 蒋洁 顾陈 李彧晟 孙理 朱晓华 熊俊军 张力		
发明人	洪弘 蒋洁 顾陈 李彧晟 孙理 朱晓华 熊俊军 张力		
IPC分类号	A61B5/0205 A61B5/11 A61B5/00 G06F7/02		
CPC分类号	A61B5/0205 A61B5/02 A61B5/0826 A61B5/1118 A61B5/4818 A61B5/7282 G06F7/023		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于自适应残差比较算法的睡眠呼吸暂停检测方法，首先从整夜的睡眠数据，包括呼吸、心跳、体动中滤除心跳信号。之后，从呼吸和体动的混合信号中分析数据并提取特征，利用自适应残差比较算法，能够获得实时的正常呼吸幅度，用作睡眠呼吸暂停的判决门限。最后，根据国际判定睡眠呼吸暂停的标准，判决整夜信号中是否出现呼吸暂停，每次呼吸暂停的起始时间、停止时间、每次暂停的时间间隔以及每小时呼吸暂停的次数。本发明方法有效可行，性能可靠，可以准确地判决整夜睡眠中是否出现呼吸暂停。

