



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108354610 A

(43)申请公布日 2018.08.03

(21)申请号 201710755632.2

(22)申请日 2017.08.29

(71)申请人 浙江好络维医疗技术有限公司

地址 310012 浙江省杭州市西湖区西斗门  
路3号天堂软件园A幢7D

(72)发明人 顾林跃 张启飞

(74)专利代理机构 杭州九洲专利事务所有限公  
司 33101

代理人 翁霁明

(51) Int. Cl.

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

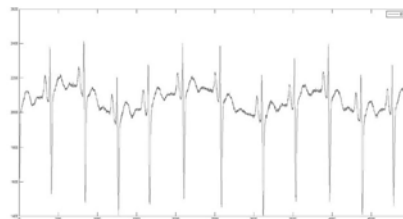
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于三轴传感器和心电传感器的老人  
跌倒检测方法及检测系统

(57)摘要

一种基于三轴传感器和心电传感器的老人  
跌倒检测方法及检测系统,所述的检测方法包  
括:1)使用心电传感器采集具有跌倒应激反应以  
及正常情况下日常行为活动的心电样本数据;2)  
对样本数据进行预处理;3)提取样本的特征;4)  
用样本的特征训练分类器;5)实时采集三轴传感  
器和心电传感器的数据。



1. 一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法,其特征在于该检测方法包括以下步骤:

1) 使用心电传感器采集具有跌倒应激反应以及正常情况下日常行为活动的心电样本数据;

2) 对样本数据进行预处理;

3) 提取样本的特征;

4) 用样本的特征训练分类器;

5) 实时采集三轴传感器和心电传感器的数据;

6) 实时预处理并计算三轴传感器的加速度变化速率以及峰值并判断是否超过阈值,如果超过就下一步判断,否则判定为未跌倒;

7) 提取心电传感器中缓存的前后各10秒的心电数据,经过预处理,提取特征,输入到已训练好的分类器,判断是否具有跌倒状态的心跳应激反应,如果存在判定为跌倒,否则未跌倒。

2. 根据权利要求1所述的基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法,其特征在于:

所述的步骤1)中,所述心电传感器采集数据的过程中,主要是采集具有跌倒应激反应状态,包括向前倾倒、向后倾倒以及正常情况下日常行为活动状态,包括如走、跑、坐、躺的心电样本数据;

所述的步骤2)中,对样本数据进行预处理,主要是使用常用的信号去噪方法进行去噪,去噪完成以后对样本进行标注是否跌倒;

所述的步骤3)中,首先对心电信号数据进行R波定位,确定RR间期的数据点位,然后根据心电信号的RR间期序列的波形特点,提取若干个最能体现在心跳应激反应的RR间期序列的数学统计特征。

3. 根据权利要求1所述的基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法,其特征在于:

所述的步骤4)中,采用分类器模型如机器学习算法或深度学习算法对是否跌倒进行二分类,即将得到的每个样本的特征和标注输入到分类器模型中进行训练,并将训练完成的分类器模型用于实时检测心电信号是否存在跌倒的心跳应激反应;

所述的步骤)中,要求老人在人体前胸心脏部位随身佩戴三轴传感器和心电传感器,以便心电传感器要实时采集心电数据;在使用之前根据佩戴方式校正三轴传感器,在使用过程中需要实时地采集数据,并且心电传感器可缓存某时刻前后各10秒的数据,这样在利用心电信号判断是否存在应激反应的过程中,可利用前后10秒的数据进行判断。

所述的步骤6)中,实时预处理计算三轴传感器的加速度变化速率以及峰值判断是否超过特定阈值,如果超过就进入下一步判断心电是否存在跌倒的应激反应,否则判定为未跌倒;在此过程中,由于传感器在采集过程中具有噪声干扰,因此需要对噪声进去滤除,可使用滤波器进行过滤;加速度变化速率(RAC)和三轴传感器向量峰值(SVM)定义如下:

$$RAC = \sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_{n-1} - Y_n)^2 + (Z_{n-1} - Z_n)^2}$$

$$SVM = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$$

其中,  $X_n$ 、 $Y_n$ 以及 $Z_n$ 分别是经过去噪后的X、Y、Z三轴加速度幅值;

所述的步骤7)中,提取心电传感器中此刻前后各10秒的数据,对数据进行预处理、提取特征并输入到已经训练好的分类器,判断在此过程中是否存在跌倒应激反应,如果存在就判断为跌倒,否则不是跌倒。

4.一种用于如权利要求1或2或3所述基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法的检测系统,其特征在于所述的系统采用B/S的架构实现,主要包括三轴加速传感器、三轴陀螺仪以及心电信号传感器模块、智能手机、服务器、监测平台软件构成;所述的三轴加速传感器、三轴陀螺仪以及心电信号传感器模块正确佩戴在老人胸前并校正传感器模块,所述传感器模块通过蓝牙连接智能手机APP,并在连接成功后智能手机实时接收传感器模块采集的数据,智能手机通过移动网络实时地将数据上传到服务器,服务器内的监测平台软件实时地显示数据并依据采集到的数据进行实时计算,并检测是否跌倒,如果跌倒就会立即报警并发送消息给老人的监护人或护理人,旁边的监控人员也会立即响应并采取急救措施。

## 一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法及检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及医疗健康、信号处理、机器学习等领域,特别是涉及一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法及检测系统。

### 背景技术

[0002] 据统计,我国于20世纪末进入老龄化社会,预计到2050年将进入深度老龄化阶段,成为老龄化程度最严重的国家,这也将从多方面给我国社会带来巨大的压力和挑战。在这种情况下,老年人的生活照料、出行等需求日益凸显,其中体现在安全保健问题尤为突出,主要体现在一下两点:第一,老年人身体机能退化,他们极易意外或因病(尤其是心脑血管疾病)跌倒。据国外统计,约有1/3的65岁老人每年至少跌倒一次,跌倒在老年人死亡原因中的比例高达25%,跌倒非常容易造成老人骨折、内脏震荡;如果跌倒后得不到及时救助,会进一步提高致死率和致残率;跌倒不仅给老年人造成生理上的伤害,还会带来心理上的阴影;此外,当前社会老年人跌倒后无人敢搀扶、无人敢救,渐渐成为一种普遍的社会现象,在这种情况下,跌倒对老年人更是致命的;因此针对老年人对安全保证的迫切需求,利用电子信息技术解决此问题有着极大的社会价值。

[0003] 现有的跌倒检测方案大多只是利用加速度传感器,有一定的局限性和误报率,而且一旦加速度传感器离开人身、如将加速度传感器扔在桌子上、或人为的故意假跌倒操作等这些,仅仅利用加速度传感器判断是不够的。另一方面,众多研究表明,任何一种情绪状态都可能伴随几种生理或心理特征的变化,由于这些变化受人的自主神经系统和内分泌系统支配,因此当个体在跌倒过程中,会出现心理情绪的变化,此时也会由自主神经系统控制,并反映到个体的心电信号上。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术存在的不足,而提供一种能够解决老人跌倒检测准确率不高的问题的基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法及检测系统。

[0005] 本发明的目的是通过如下技术方案来实现的:一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法,该检测方法包括以下步骤:

[0006] 1) 使用心电传感器采集具有跌倒应激反应以及正常情况下日常行为活动的心电样本数据;

[0007] 2) 对样本数据进行预处理;

[0008] 3) 提取样本的特征;

[0009] 4) 用样本的特征训练分类器;

[0010] 5) 实时采集三轴传感器和心电传感器的数据;

[0011] 6) 实时预处理并计算三轴传感器的加速度变化速率以及峰值并判断是否超过阈值,如果超过就下一步判断,否则判定为未跌倒;

[0012] 7) 提取心电传感器中缓存的前后各10秒的心电数据,经过预处理,提取特征,输入到已训练好的分类器,判断是否具有跌倒状态的心跳应激反应,如果存在判定为跌倒,否则未跌倒。

[0013] 作为优选:所述的步骤1)中,所述心电传感器采集数据的过程中,主要是采集具有跌倒应激反应状态,包括向前倾倒、向后倾倒以及正常情况下日常行为活动状态,包括如走、跑、坐、躺的心电样本数据;

[0014] 所述的步骤2)中,对样本数据进行预处理,主要是使用常用的信号去噪方法进行去噪,去噪完成以后对样本进行标注是否跌倒;

[0015] 所述的步骤3)中,首先对心电信号数据进行R波定位,确定RR间期的数据点位,然后根据心电信号的RR间期序列的波形特点,提取若干个最能体现在心跳应激反应的RR间期序列的数学统计特征。

[0016] 作为优选:所述的步骤4)中,采用分类器模型如机器学习算法或深度学习算法对是否跌倒进行二分类,即将得到的每个样本的特征和标注输入到分类器模型中进行训练,并将训练完成的分类器模型用于实时检测心电信号是否存在跌倒的心跳应激反应;

[0017] 所述的步骤)中,要求老人在人体前胸心脏部位随身佩戴三轴传感器和心电传感器,以便心电传感器要实时采集心电数据;在使用之前根据佩戴方式校正三轴传感器,在使用过程中需要实时地采集数据,并且心电传感器可缓存某时刻前后各10秒的数据,这样在利用心电信号判断是否存在应激反应的过程中,可利用前后10秒的数据进行判断。

[0018] 所述的步骤6)中,实时预处理计算三轴传感器的加速度变化速率以及峰值判断是否超过特定阈值,如果超过就进入下一步判断心电是否存在跌倒的应激反应,否则判定为未跌倒;在此过程中,由于传感器在采集过程中具有噪声干扰,因此需要对噪声进去滤除,可使用滤波器进行过滤;加速度变化速率(RAC)和三轴传感器向量峰值(SVM)定义如下:

$$[0019] \quad RAC = \sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_{n-1} - Y_n)^2 + (Z_{n-1} - Z_n)^2}$$

$$[0020] \quad SVM = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$$

[0021] 其中, $X_n$ 、 $Y_n$ 以及 $Z_n$ 分别是经过去噪后的X、Y、Z三轴加速度幅值;

[0022] 所述的步骤7)中,提取心电传感器中此刻前后各10秒的数据,对数据进行预处理、提取特征并输入到已经训练好的分类器,判断在此过程中是否存在跌倒应激反应,如果存在就判断为跌倒,否则不是跌倒。

[0023] 一种用于所述基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法的检测系统,所述的系统采用B/S的架构实现,主要包括三轴加速传感器、三轴陀螺仪以及心电信号传感器模块、智能手机、服务器、监测平台软件构成;所述的三轴加速传感器、三轴陀螺仪以及心电信号传感器模块正确佩戴在老人胸前并校正传感器模块,所述传感器模块通过蓝牙连接智能手机APP,并在连接成功后智能手机实时接收传感器模块采集的数据,智能手机通过移动网络实时地将数据上传到服务器,服务器内的监测平台软件实时地显示数据并依据采集到的数据进行实时计算,并检测是否跌倒,如果跌倒就会立即报警并发送消息给老人的监护人或护理人,旁边的监控人员也会立即响应并采取急救措施。

[0024] 本发明主要是采用三轴加速度以及心电传感器相结合,首先采集人跌倒情况下的心电信号以及6种日常活动行为即走、跑、跳、上下楼、坐下、躺下等正常情况的心电样本数

据,经过预处理,用跌倒和正常的心电RR间期样本所提取的特征来训练机器学习分类器;在老人使用过程中,三轴传感器和心电传感器实时采集数据,首先实时判断三轴传感器的加速度变化速率(RAC)以及加速度峰值(SVM)是否超过设定的阈值,如果超过阈值就利用心电传感器缓存的前后各10秒的数据,经预处理和提取特征后,输入到已训练好的分类器来判断是否跌倒。

[0025] 本发明的有益效果是:本发明通过实时采集三轴传感器和心电传感器的数据,依据以上二方面的数据分别进行双重判断,提高了老人跌倒检测的有效性和准确度。

### 附图说明

[0026] 图1是本发明的具体流程框图。

[0027] 图2是本发明某次10秒的向前跌倒的心电训练数据图。

[0028] 图3是本发明使用差分阈值法定位的R波位置图。

[0029] 图4是本发明某次跌倒过程中三轴加速度传感器的数据图。

[0030] 图5是本发明所述基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测系统运行示意图。

### 具体实施方式

[0031] 下面将结合附图和实施例对本发明作详细的说明。图1所示是一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法具体流程图,所述的检测方法包括以下步骤:

[0032] 1) 使用心电传感器采集具有跌倒应激反应以及正常情况下日常行为活动的心电样本数据;

[0033] 2) 对样本数据进行预处理;

[0034] 3) 提取样本的特征;

[0035] 4) 用样本的特征训练分类器;

[0036] 5) 实时采集三轴传感器和心电传感器的数据;

[0037] 6) 实时预处理并计算三轴传感器的加速度变化速率以及峰值并判断是否超过阈值,如果超过就下一步判断,否则判定为未跌倒;

[0038] 7) 提取心电传感器中缓存的前后各10秒的心电数据,经过预处理,提取特征,输入到已训练好的分类器,判断是否具有跌倒状态的心跳应激反应,如果存在判定为跌倒,否则未跌倒。

[0039] 在步骤1)中,用心电传感器采集数据的过程中,主要是采集4种跌倒姿势即向前倾倒、向后倾倒、向左倾倒以及向右倾倒以及6种日常活动行为即走、跑、跳、上下楼、坐下、躺下等正常情况的传感器数据,如图2是某次向前倾倒过程的心电数据。

[0040] 在步骤2)中,对样本数据进行预处理,主要是使用小波阈值去噪方法即使用sym6小波基函数对采集到的数据进行3层分解,对分解到的高频的细节信号使用软阈值函数去噪,然后对各层信号进行重构得到去噪后的数据;去噪完成以后,对心电样本进行是否跌倒标注,可用1表示跌倒,0表示未跌倒进行标注。

[0041] 在步骤3)中,提取样本数据的特征,对心电信号数据进行R波定位,确定RR间期的数据点位和时间段,在R波定位的过程中,使用差分阈值法即利用心电信号的一阶差分和二

阶差分的平方和来突出R波位置,再使用一个阈值为0.95来定位R波,如果某个位置大于阈值,则认为该位置即为R波位置如图3所示是一个10秒心电信号的R波定位,\*表示的R波位置;上述的参数可表示为:

$$[0042] \quad \text{一阶差分: } x'_n = \frac{x(n+1)-x(n-1)}{2}$$

$$[0043] \quad \text{二阶差分: } x''_n = \frac{2x(n+1)+x(n+2)-x(n-2)-2x(n-1)}{8}$$

$$[0044] \quad \text{一阶差分和二阶差分平方和: } X(n) = x_n'^2 + x_n''^2$$

[0045] 其中x(n)是RR间期心电数据点。针对每个时间段的RR间期数据,根据是否跌倒进行标注。R波位置确定后,根据RR间期序列的特征,提取RR间期序列的数学统计特征,可提取RR间期序列的均值、RR间期序列的均方差、RR间期序列中的最大RR间期范围、RR间期序列中的最小RR间期范围、RR间期序列相邻差的均值、RR间期序列相邻差的均方根以及RR间期序列相邻差小于50毫秒的比率等7个特征;

$$[0046] \quad RR_{mean} = \frac{\sum_1^n RR_n}{n}$$

$$[0047] \quad RR_{std} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (RR_n - RR_{mean})^2}{n}}$$

$$[0048] \quad RR_{max} = \text{Max}(RR_1, RR_2, \dots, RR_{n-1}, RR_n)$$

$$[0049] \quad RR_{min} = \text{Min}(RR_1, RR_2, \dots, RR_{n-1}, RR_n)$$

$$[0050] \quad RR_{adjmean} = \frac{\sum_1^n (RR_n - RR_{n-1})}{n-1}$$

$$[0051] \quad RR_{adjstd} = \sqrt{\frac{\sum_1^{n-1} [(RR_n - RR_{n-1}) - RR_{adjmean}]^2}{n-1}}$$

[0052] 其中,n是心电样本数据的RR间期个数,RR<sub>mean</sub>是RR间期序列的均值,RR<sub>std</sub>是RR间期序列的均方差,RR<sub>max</sub>是RR间期序列中RR间期最大范围,RR<sub>min</sub>是RR间期序列中RR间期最小范围,RR<sub>adjmean</sub>是RR间期相邻差的均值,RR<sub>adjstd</sub>是RR间期相邻差的均方根。

[0053] 在步骤4)中,采用随机森林(RF)集成分类器对是否跌倒进行二分类,即将得到的每个样本的7个特征和标注输入到随机森林分类器(或神经网络)进行训练,在训练过程中设置树的个数为100个,树的深度为10。

[0054] 在步骤5)中,要求老人随身佩戴三轴传感器和心电传感器,如人体前胸心脏部位,这是因为心电传感器要实时采集心电数据;在使用之前根据佩戴方式校正三轴传感器,在使用过程中需要实时地采集数据,并且心电传感器可缓存某时刻前后各10秒的心电数据,这样在利用心电信号判断是否存在应激反应的过程中,可利用前后10秒的数据进行判断。

[0055] 在步骤6)中,实时预处理计算三轴传感器的加速度变化速率以及峰值判断是否超过特定阈值,如果超过就下一步判断,否则判定为未跌倒;如图4所示是某次跌倒过程中三轴加速器具有明显突变的状态,在此过程中,由于传感器在采集过程中具有噪声干扰,因此需要对噪声进去滤除,可使用中值滤波器进行过滤,取滤波区间为4;加速度变化速率(RAC)和三轴传感器向量峰值(SVM)定义如下:

$$[0056] \quad RAC = \sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_{n-1} - Y_n)^2 + (Z_{n-1} - Z_n)^2}$$

$$[0057] \quad SVM = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$$

[0058] 其中,  $X_n$ 、 $Y_n$ 以及 $Z_n$ 分别是经过去噪后的X、Y、Z三轴加速度幅值。

[0059] 在步骤7)中,提取心电传感器缓存的前后10秒数据,并使用小波阈值去噪方法去噪,然后进行R波定位,提取RR间期序列的特征,输入到分类器,判断在此10秒过程中,是否存在跌倒状态,如果存在就判断为跌倒,否则不是跌倒。

[0060] 图5所示是本发明所述基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测系统的运行示意图。所述的检测系统采用B/S的架构实现,主要包括三轴加速传感器、三轴陀螺仪以及心电信号传感器模块、智能手机、服务器、监测平台软件构成;所述的三轴加速传感器、三轴陀螺仪以及心电信号传感器模块正确佩戴在老人胸前并校正传感器模块,所述传感器模块通过蓝牙连接智能手机APP,并在连接成功后智能手机实时接收传感器模块采集的数据,智能手机通过移动网络实时地将数据上传到服务器,服务器内的监测平台软件实时地显示数据并依据采集到的数据进行实时计算,并检测是否跌倒,如果跌倒就会立即报警并发送消息给老人的监护人或护理人,旁边的监控人员也会立即响应并采取急救措施。

[0061] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

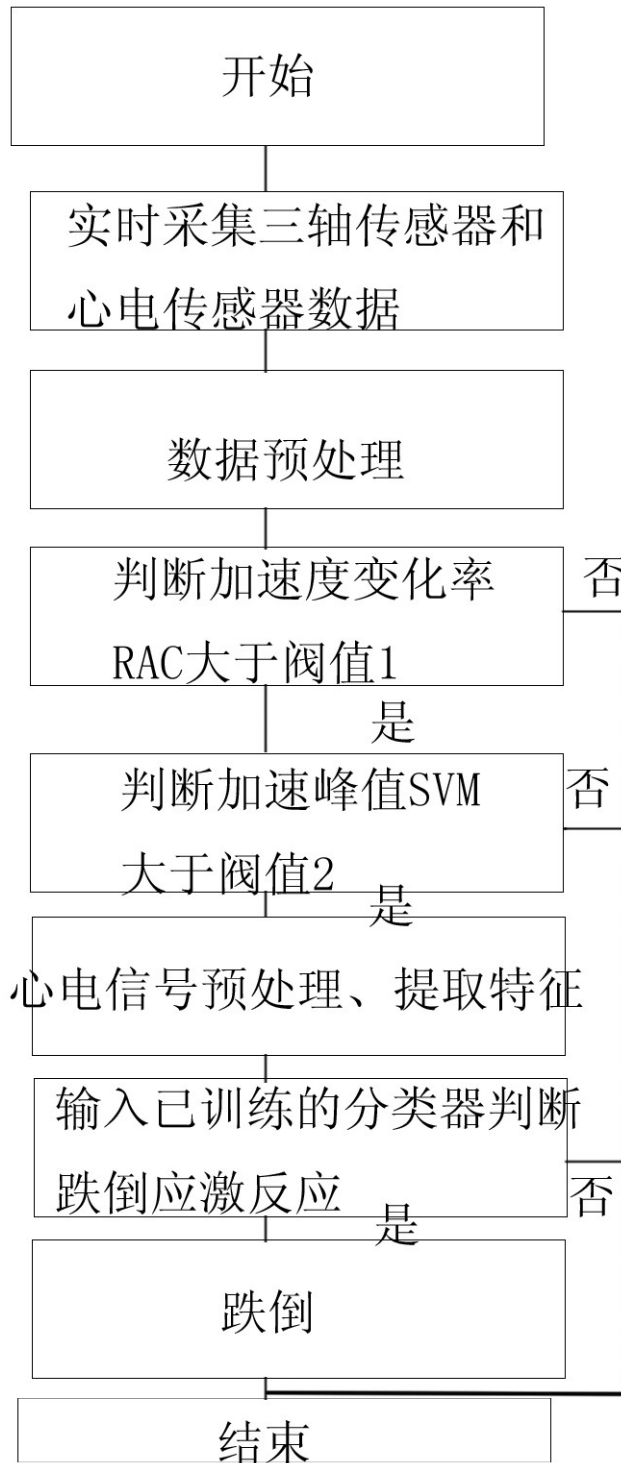


图1

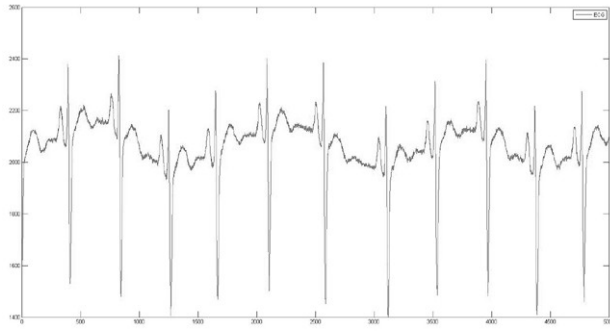


图2

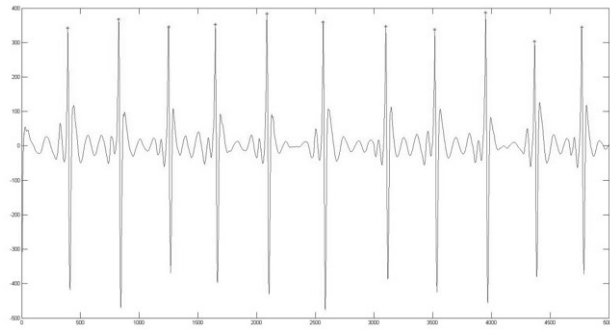


图3

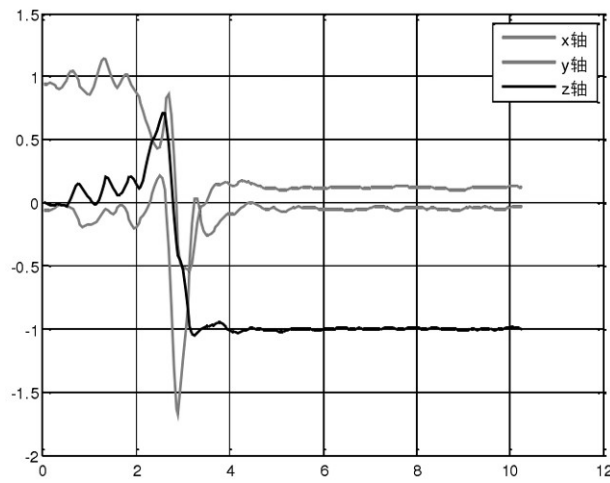


图4

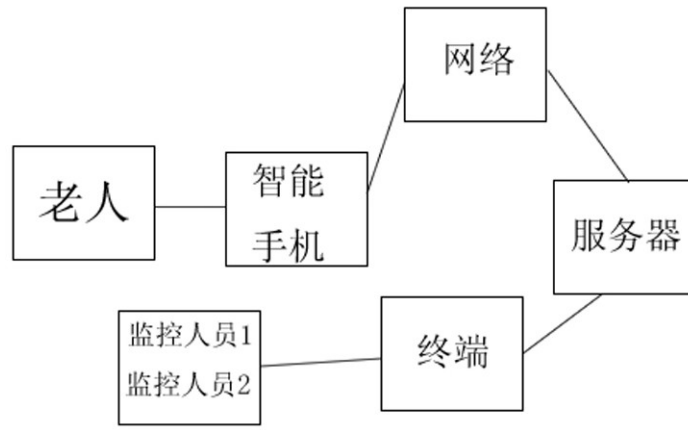


图5

专利名称(译)	一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法及检测系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN108354610A</a>	公开(公告)日	2018-08-03
申请号	CN2017110755632.2	申请日	2017-08-29
[标]申请(专利权)人(译)	浙江好络维医疗技术有限公司		
申请(专利权)人(译)	浙江好络维医疗技术有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	浙江好络维医疗技术有限公司		
[标]发明人	顾林跃 张启飞		
发明人	顾林跃 张启飞		
IPC分类号	A61B5/11 A61B5/0402 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0402 A61B5/1117 A61B5/1121 A61B5/6801 A61B5/72 A61B5/7203 A61B5/7235 A61B5/7267		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

一种基于三轴传感器和心电传感器的老人跌倒检测方法及检测系统，所述的检测方法包括：1)使用心电传感器采集具有跌倒应激反应以及正常情况下日常行为活动的心电样本数据；2)对样本数据进行预处理；3)提取样本的特征；4)用样本的特征训练分类器；5)实时采集三轴传感器和心电传感器的数据。

