

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 6 月 21 日 (21.06.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/107374 A1

(51) 国际专利分类号:
A61B 5/11 (2006.01) *G08B 21/04* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/109844

(22) 国际申请日: 2016 年 12 月 14 日 (14.12.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 李景振 (LI, Jingzhen); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 聂泽东 (NIE, Zedong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号,

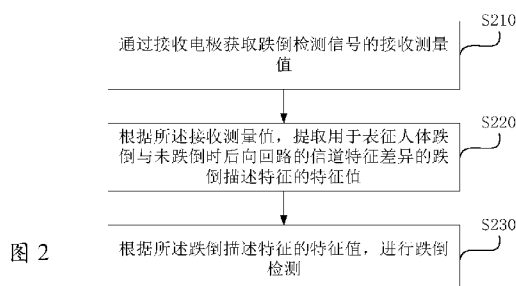
Guangdong 518055 (CN)。 刘宇航 (LIU, Yuhang); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司 (BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路39号西金大厦6层, Beijing 100036 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

(54) Title: FALL DETECTION DEVICE, FALL DETECTION METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置



- S210 OBTAIN A RECEIVED MEASUREMENT VALUE OF A FALL DETECTION SIGNAL BY MEANS OF A RECEIVING ELECTRODE
- S220 ACCORDING TO THE RECEIVED MEASUREMENT VALUE, EXTRACT A CHARACTERISTIC VALUE OF A FALL DESCRIPTION FEATURE, WHICH IS USED FOR REPRESENTING A CHANNEL FEATURE DIFFERENCE OF THE BACKWARD LOOP WHEN THE HUMAN BODY FALLS AND DOES NOT FALL
- S230 PERFORM FALL DETECTION ACCORDING TO THE CHARACTERISTIC VALUE OF THE FALL DESCRIPTION FEATURE

(57) Abstract: Provided in the embodiments of the present invention are a fall detection device, a fall detection method and an apparatus. The fall detection device comprises a transmitter and a receiver, the transmitter and the receiver being configured to communicate by means of capacitive coupling by using a human body as a transmission medium; a transmission electrode of the transmitter and a receiving electrode of the receiver form a forward loop, while a ground electrode of the transmitter and a ground electrode of the receiver form a backward loop; the transmitter is configured to generate a fall detection signal and couple the fall detection signal to the human body, and the receiver is configured to obtain a received measurement value of the fall detection signal which is transmitted by means of the human body; according to the received measurement value, a characteristic value of a fall description feature, which is

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

used for representing a channel feature difference of the backward loop when the human body falls and does not fall, is extracted, and fall detection is performed according to the characteristic value of the fall description feature.

(57) 摘要: 本发明实施例提供了一种跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置。该跌倒检测设备包括: 发送器及接收器; 发送器与接收器设置为通过电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信, 发送器的发送电极与接收器的接收电极构成前向回路, 发送器的地电极与接收器的地电极构成后向回路; 发送器, 设置为产生跌倒检测信号, 并将所述跌倒检测信号耦合至人体; 接收器, 设置为获取通过人体传输的跌倒检测信号的接收测量值; 根据接收测量值, 提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值; 根据跌倒描述特征的特征值, 进行跌倒检测。

跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置

技术领域

本公开涉及通信及信号处理技术，例如涉及一种跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置。

背景技术

随着人口老龄化的加剧，老年人的安全已成为必须重视的问题。其中，跌倒是危害老年人健康的重要因素。据统计，在我国，65岁以上的居民中，有超过20%的男性、45%左右的女性曾跌倒过，而且年龄越大，发生跌倒的可能性也就越大。由于人体发生跌倒具有不确定性和不可预知性，当老年人跌倒后，如果长时间得不到及时有效的救治，可能会导致长期瘫痪甚至危及生命。因此，为了确保老人跌倒后能得到及时的救治，对老人进行跌倒检测是非常重要的。

目前，跌倒检测技术主要包括基于图像视频传感器的跌倒检测、基于环境布设式传感器的跌倒检测以及基于可穿戴式传感器跌倒检测等。

然而，基于图像视频传感器的跌倒检测方法需要在周围环境中安装一个或多个摄像头，使得跌倒检测系统的成本较高，并且检测范围也被限制在一个固定的区域内；基于环境布设式传感器的跌倒检测方法主要是通过压力传感器、麦克风等设备来捕捉人体的动作信息和采集人体相关的体态特征数据，然而该方法易受周围环境的影响；基于可穿戴式传感器跌倒检测方法主要是利用加速度传感器、陀螺仪传感器等获取人体的加速度或者角加速度等信息，然而该方法的检测结果与佩戴的位置有很大联系，如佩戴位置不正确，检测结果则存在较大的误差。

发明内容

有鉴于此，本发明实施例提供一种跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置，优化了相关技术中的跌倒检测技术，提高跌倒检测方案的通用性。

第一方面，本发明实施例提供了一种跌倒检测设备，包括：发送器以及接收器；

所述发送器与所述接收器设置为通过电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信，所述发送器的发送电极与所述接收器的接收电极构成前向回路，所

述发送器的地电极与所述接收器的地电极构成后向回路；

所述发送器，设置为产生跌倒检测信号，并将所述跌倒检测信号耦合至人体；

所述接收器，设置为获取通过人体传输的所述跌倒检测信号的接收测量值；根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

第二方面，本发明实施例还提供了一种跌倒检测方法，应用于本发明实施例所述的跌倒检测设备的接收器中，所述方法包括：

通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值；

根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；以及

根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

第三方面，本发明实施例还提供了一种跌倒检测装置，所述装置包括：

接收测量值获取模块，设置为通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值；

特征值提取模块，设置为根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；以及

跌倒检测模块，设置为根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

第四方面，本发明实施例还提供了一种非暂态计算机可读存储介质，存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行上述的跌倒检测方法。

本发明实施例提供的跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置，通过采用电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备构成人体通信信号通路，利用人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异，基于接收器收到的信号进行跌倒检测，解决了相关技术中多类跌倒检测技术所存在的多种缺陷问题，优化相关技术中的跌倒检测技术，提高跌倒检测方案的通用性，同时，该跌倒检测设备具有体积小、重量轻、功耗低、对佩戴位置不敏感以及检测精度高等优点，为跌倒检测技术的发展提供一种新的思路。

附图概述

图1a是本发明实施例一提供一种跌倒检测设备的结构图；

图1b是本发明实施例一提供一种发送器的结构图；

图1c是本发明实施例一提供一种接收器的结构图；

图2是本发明实施例二提供一种跌倒检测方法的流程图；

图3是本发明实施例三提供一种跌倒检测方法的流程图；

图4是本发明实施例四提供一种跌倒检测方法的流程图；

图5是本发明实施例五提供一种跌倒检测装置的结构图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本公开作详细说明。此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本公开，而非对本公开的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本公开相关的部分而非全部结构。

为了便于描述，附图中仅示出了与本公开相关的部分而非全部内容。在更加详细地讨论示例性实施例之前应当提到的是，一些示例性实施例被描述成作为流程图描绘的处理或方法。虽然流程图将每项操作（或步骤）描述成顺序的处理，但是其中的许多操作可以被并行地、并发地或者同时实施。此外，操作的顺序可以被重新安排。当操作完成时所述处理可以被终止，但是还可以具有未包括在附图中的附加步骤。所述处理可以对应于方法、函数、规程、子例程、子程序等等。

为了后文便于描述，首先对本发明实施例所使用的技术进行说明：

首先，本发明实施例主要使用人体通信技术。人体通信是一种以“人体”为通信媒介的新型通信技术，具有低功耗、微体积、方便快捷等优势。根据耦合方式的不同，人体通信可分为电流耦合和电容耦合。在电容耦合方式中，人体通信信道的传播特性由前向回路和后向回路共同决定。其中人体通信的发送器的发送电极以及接收器的接收电极通过人体形成前向回路；发送器的地电极以及接收器的地电极通过地平面（大地）形成后向回路。

发明人通过研究发现：如果保证人体站立时，上述电容耦合式人体通信的发送器以及接收器在人体中的放置位置距离地面具有一定的高度值，则在人体发生跌倒时，发送器和接收器的地电极与地平面的距离将发生急剧变化，导致人体通信的后向回路的特性也将发生变化，从而引起信道增益发生改变。因此，

可以通过分析人体跌倒与未跌倒时信道增益变化曲线的差异情况，实现跌倒检测。

实施例一

图1a是本发明实施例一提供的一种跌倒检测设备的结构图。如图1a所示，所述跌倒检测设备，包括：发送器11以及接收器12。

所述发送器11与所述接收器12设置为通过电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信，所述发送器11的发送电极111与所述接收器12的接收电极121构成前向回路，所述发送器11的地电极112与所述接收器12的地电极122构成后向回路。

为了示意的更加直观，在图1a中示出了一种发送器11与接收器12的放置位置示意图。但是，本领域技术人员可以理解的是，当用户佩戴上述发送器11以及接收器12之后，只要能够保证当用户发送跌倒时，发送器11的地电极112以及接收器12的地电极122与地面之间的距离发生改变，均可以达到本发明实施例的技术效果，因此，本发明实施例中上述发送器11以及接收器12的放置位置是可选的。

考虑到舒适性与便捷性要求，在本实施例中，可以将发送器11放置于人体的上臂处，其中发送电极111紧贴在上臂的皮肤表面，地电极112则悬空在空气中。接收器12放置在人体的腹部处，其中接收电极121紧贴在腹部的皮肤表面，地电极122同样悬空在空气中，即：如图1a所示的放置位置。

可选的，发送器11的整体形状可以为圆柱状盒子，如图1a所示，该盒子的上表面和下表面均为金属材料，所述盒子的上表面作为发送器11的发送电极111，所述盒子的下表面作为发送器11的地电极112，盒子的侧面为塑料材料，用于隔离发送电极111和地电极112，避免两者之间接触；相类似的，接收器12的整体形状同样可以为圆柱状盒子，如图1a所示，该盒子的上表面和下表面均为金属材料，该盒子的上表面作为接收器12的接收电极121，该盒子的下表面作为接收器12的地电极122，盒子的侧面为塑料材料，用于隔离接收电极121和地电极122。

所述发送器11，设置为产生跌倒检测信号，并将所述跌倒检测信号耦合至人体；

所述接收器12，设置为获取通过人体传输的所述跌倒检测信号的接收测量值；根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的

信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

其中，在图1b中示出了一种发送器的可选结构图，如图1b所示，所述发送器包括：

微处理器1101、DDS（Direct Digital Synthesizer，直接数字式频率合成器）1102、巴伦转换器1103、低通滤波器1104、发送电极111以及地电极112；

其中，所述微处理器1101，设置为控制所述DDS1102产生设定频率范围内的单端正弦波信号；

所述巴伦转换器1103，设置为将所述DDS1102输出的所述单端正弦波信号转换为双端正弦波信号，并输出至所述低通滤波器1104；

所述低通滤波器1104，设置为对所述双端正弦波信号进行低通滤波，并将滤波后产生的跌倒检测信号通过所述发送电极111耦合至人体中；

所述发送电极111设置为与人体的皮肤表面相接触，所述地电极112设置为与所述发送电极111绝缘连接。

如前所述，当人体发生跌倒时，会引起信道增益发生变化，所谓信道增益，是指是信道本身的衰减及衰落特性，一般可以通过接收信号与发送信号的比值来衡量，因此，如果发送器发送等幅信号，则可以简单的通过接收信号来衡量信道增益，也即：将接收信号变化曲线作为信道增益变化曲线，通过分析该接收信号变化曲线的信号特征，进行跌倒检测。

基于此，所述发送器的作用主要是发送一个等幅的发送信号作为跌倒检测信号，可选的，该发送信号可以为正弦波。

可选的，考虑到如果发送一个单一频率的正弦波，在接收端不利于观测以及信号周期提取等。因此，发送器发送的正弦波可以为一个可变频率的正弦波。可选的，所述跌倒检测信号可以为周期性的变频信号；其中，所述变频信号在一个周期内以第一频率为起点，按照设定频率跨度递增值至第二频率。

作为示例，所述第一频率可以为1MHz，所述第二频率可以为100MHz，所述设定频率跨度可以为0.5MHz/ms。

也即，所述跌倒检测信号为周期性正弦波信号，在一个周期内，以1MHz为起点，每隔1ms频率增加0.5MHz，直至最终频率变为100MHz。

其中，所述微处理器1101主要设置为产生控制信号，控制所述DDS1102输出所述跌倒检测信号。可选的，所述微处理器1101可以为FPGA（Field—

Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列)、DSP (Digital Signal Processing, 数字信号处理) 或者单片机等。

所述低通滤波器1104的截止频率由所述跌倒检测信号的最高频率确定, 设置为滤除多种杂波以及干扰, 例如, 如果所述跌倒检测信号的频率范围为1MHz-100MHz, 则所述低通滤波器1104的截止频率可以选取为120MHz。

其中, 在图1c中示出了一种接收器的可选结构图, 如图1b所示, 所述接收器包括: 微处理器1201、接收电极121以及地电极122;

所述接收电极121, 设置为获取通过人体传输的所述跌倒检测信号的接收测量值, 并将所述接收测量值发送至所述微处理器1201;

所述微处理器1201, 设置为根据所述接收测量值, 提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值; 根据所述跌倒描述特征的特征值, 进行跌倒检测;

所述接收电极121设置为与人体的皮肤表面相接触, 所述地电极122设置为与所述接收电极121绝缘连接。

在本实施例中, 所述接收器12还可以包括多种信号处理器件, 例如, 放大器或者滤波器等, 用于将接收电极121获取的接收测量值进行一定的处理后, 输入至所述微处理器1201。

其中, 所述微处理器1201中执行的跌倒检测过程将在实施例二至实施例四中进行详述。

本发明实施例提供的跌倒检测设备, 通过电容耦合方式利用人体作为传输介质构成人体通信信号通路, 利用人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异, 基于接收器收到的信号进行跌倒检测, 解决了相关技术中多类跌倒检测技术所存在的多种缺陷问题, 优化相关技术中的跌倒检测技术, 提高跌倒检测方案的通用性, 同时, 该跌倒检测设备具有体积小、重量轻、功耗低、对佩戴位置不敏感以及检测精度高等优点, 为跌倒检测技术的发展提供一种新的思路。

实施例二

图2为本发明实施例二提供的一种跌倒检测方法的流程图, 该方法可以由跌倒检测装置执行, 该装置可由软件和/或硬件实现, 并一般可集成于跌倒检测设备的接收器中, 可选的, 接收器中的微处理器中, 与跌倒检测设备的发送器配合使用。如图2所示, 本实施例的方法包括:

在S210中，通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值。

如前所述，为了便于接收器中的信号周期提取，所述发送器发送的跌倒检测信号为周期性可选为变频信号；

其中，所述变频信号在一个周期内以第一频率为起点，按照设定频率跨度递增值至第二频率。

在S220中，根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值。

如前所述，人体跌倒后，由于后向回路的信道特性变化，接收信号变化曲线会与未跌倒时的接收信号变化曲线具有差异。因此，考虑到发送器发送的跌倒检测信号的周期性，可以以一个周期作为时间单位，提取接收信号变化曲线在一个周期内的跌倒描述特征的特征值。

其中，所述跌倒描述特征可以是指用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的特征参数，例如，可以是均值、方差或者均方差等。

可选的，可以提取一个周期内，接收信号曲线中的极值点、方差值、斜率值或者最大值与最小值之差等进行跌倒检测。

在S230中，根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

通过将提取的所述跌倒描述特征的特征值与跌倒或者未跌倒时所述跌倒描述特征的设定的特征值进行比对，可以实现跌倒检测。

在一个可选的例子中，可以通过多次试验，分析当人体发生跌倒时，在与跌倒发生时间对应的时间区间内，获取一个或者多个周期内接收信号变化曲线，通过分析上述一个或多个接收信号变化曲线中的最大值，确定最大值跌倒阈值。例如，如果确定当接收信号变化曲线的最大值超过-20dB，发送跌倒的概率为85%，则可以将最大值跌倒阈值设置为-20dB，将85%设置为置信度。因此，每当发现需要进行跌倒检测的人体的接收信号变化曲线的最大值超过-20dB，判断用户发生了跌倒，进而可以采取一定的跌倒预警策略。

可选的，可以同时使用多个信号特征在发生跌倒时的跌倒阈值（例如，方差值以及斜率值），即：当一个周期内的接收信号变化曲线同时满足方差值跌倒阈值以及斜率值跌倒阈值时，判断用户发生了跌倒。以提高跌倒检测的准确性。

可选的，还可以以跌倒时以及未跌倒时的上述接收信号变化曲线作为训练样本，训练预测模型，可选的，决策树模型、聚类模型以及神经网络模型等，并使用训练好的上述预测模型进行跌倒检测。

本发明实施例提供的跌倒检测方法，采用通过电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备构成人体通信信号通路，利用人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异，基于接收器收到的信号进行跌倒检测，解决了相关技术中多类跌倒检测技术所存在的多种缺陷问题，优化相关技术中的跌倒检测技术，提高跌倒检测方案的通用性，同时，该跌倒检测设备具有体积小、重量轻、功耗低、对佩戴位置不敏感以及检测精度高等优点，为跌倒检测技术的发展提供一种新的思路。

实施例三

图3是本发明实施例三提供的一种跌倒检测方法的流程图，本实施例以上述实施例为基础进行改变，在本实施例中，将根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值改变为：根据所述接收测量值，更新接收信号变化曲线；其中，所述接收信号变化曲线与一个周期内的所述跌倒检测信号相对应；根据所述接收信号变化曲线，计算至少一项跌倒描述特征的特征值；

同时，将根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测改变为：将至少一项跌倒描述特征的特征值输入至预先训练的跌倒检测预测模型中，并根据所述跌倒检测预测模型的输出结果，进行跌倒检测。相应的，本实施例的方法可以包括：

在S310中，通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值。

在本实施例中，所述发送器发送的跌倒检测信号为周期性可选为变频信号；其中，所述变频信号在一个周期内以第一频率为起点，按照设定频率跨度递增值至第二频率。

在S320中，根据所述接收测量值，更新接收信号变化曲线。

其中，所述接收信号变化曲线与一个周期内的所述跌倒检测信号相对应。

由于跌倒检测装置的状态、周围环境等因素的影响，通过接收器采集获得的接收信号变化曲线通常都伴有多种多样的噪声。为了在进行后期处理时（特征提取和特征识别）能提取到精准的特征信息，提高跌倒检测的精度，对所采集的信号进行滤波处理是非常重要的。

可选的，根据所述接收测量值，更新接收信号变化曲线可以包括：

根据第K时刻下获取的所述跌倒检测信号的接收测量值以及卡尔曼滤波算

法，计算所述第K+1时刻下所述跌倒检测信号的预估计最优值，其中，K为大于等于1的正整数；使用所述跌倒检测信号的预估计最优值，更新所述接收信号变化曲线。

在本实施例中，根据在人体通信跌倒检测系统中噪声的特点，采用卡尔曼滤波算法对信号进行滤波处理，过程如下：

1、根据系统前一次的最优值，计算得到预估计最优值方程，如式（1）所示：

$$X(k|k-1) = A(k, k-1) \cdot X(k-1|k-1) + B(k) \cdot u(k) \quad (1)$$

其中 $X(k|k-1)$ 的值为接收信号变化曲线在 $k-1$ 时刻计算出的 k 时刻的估计值， $X(k-1|k-1)$ 为 $k-1$ 时刻的最优值， $u(k)$ 为 k 时刻的控制量， $A(k, k-1)$ 为状态转移矩阵， $B(k)$ 为控制加权矩阵。

2、根据预估计最优值方程，计算预估计最优值的均方误差，如式（2）所示：

$$P(k|k-1) = A(k, k-1) \cdot P(k-1|k-1) \cdot A(k, k-1)' + U(k) \cdot U(k)' \quad (2)$$

其中 $P(k|k-1)$ 为预估计最优值 $X(k|k-1)$ 的均方误差， $P(k-1|k-1)$ 为最优值 $X(k-1|k-1)$ 的均方误差， $U(k)$ 为 k 时刻的接收信号变化曲线的动态噪声。

3、根据预估计最优值的均方误差，计算卡尔曼增益矩阵，如式（3）所示：

$$K(k) = \frac{P(k|k-1) \cdot H(k)'}{H(k) \cdot P(k|k-1) \cdot H(k)' + N(k) \cdot N(k)'} \quad (3)$$

其中 $K(k)$ 为卡尔曼增益值， $N(k)$ 为 k 时刻的接收信号变化曲线的观测噪声， $H(k)$ 为接收信号变化曲线的观测矩阵。

4、根据所得到的卡尔曼增益矩阵，对最优值方程进行更新，得到时刻的预估计最优值，如式（4）所示：

$$X(k|k) = X(k|k-1) + K(k) \cdot (Z(k) - H(k) \cdot X(k|k-1)) \quad (4)$$

其中 $Z(k)$ 为 $Z(k)$ 时刻的接收信号变化曲线测量值。

5、根据步骤1至步骤4，对接收信号变化曲线进行滤波处理，直至满足停止条件，从而实现接收信号变化曲线的卡尔曼滤波处理。

接收器的微处理通过实现上述卡尔曼滤波算法，即可实现对所述接收测量值进行最优估计，并根据该最优估计值更新当前周期下的接收信号变化曲线。

在S330中，根据所述接收信号变化曲线，计算至少一项跌倒描述特征的特征值。

为了区分跌倒行为跟正常活动，就必须寻找能够区分跌倒和正常活动的物理量，即寻找增益变化曲线的特征量（即：跌倒描述特征）。由于在跌倒时，发送器和接收器的地电极与地平面的距离急剧减小，导致人体通信的后向回路的电容急剧增大，从而使信道增益大幅增加。在跌倒动作完成后，发送器和接收器的地电极与地平面的距离几乎保持不变，信道增益也逐渐趋于稳定。

因此，可以根据增益变化曲线的特点，提取一个周期内的以下五种特征量中的一种或者多种作为跌倒描述特征进行跌倒分析，分别为：（1）增益变化曲线的最大值；（2）增益变化曲线中最大值与最小值的差值；（3）增益变化曲线的方差；（4）增益变化曲线的斜率；（5）跌倒后增益变化曲线的平均值。

如前所述，可以通过接收信号变化曲线来近似替代增益变化曲线，相应的，所述跌倒描述特征可以包括下述至少一项：

所述接收信号变化曲线的最大值、所述接收信号变化曲线的最大值与最小值的差值、所述接收信号变化曲线的方差、所述接收信号变化曲线的斜率以及跌倒后接收信号变化曲线的平均值。

当然，可以理解的是，所述跌倒描述特征还可以为其他类型，例如：接收信号变化曲线的均方差等。

在S340中，将所述至少一项跌倒描述特征的特征值输入至预先训练的跌倒检测预测模型中，并根据所述跌倒检测预测模型的输出结果，进行跌倒检测。

其中，所述跌倒检测预测模型可以为决策树模型、神经网络模型以及机器学习模型等。

本发明实施例的技术方案通过使用卡尔曼滤波算法实现了对接收测量值进行最优估计，可以降低人体通信系统中存在的噪声和干扰对接收信号的干扰，以最终提高跌倒检测的精度。通过预先训练的跌倒检测预测模型完成跌倒检测，可以在多个不同的跌倒描述特征下进行跌倒预测，并可以实时对跌倒检测预测模型中的参数进行更新学习，以不断提高跌倒检测的精度。

在上述实施例的基础上，可以将训练跌倒检测预测模型改变为：

获取跌倒检测训练实例集，其中，训练实例包括：当人体未发生跌倒时，通过将人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线；以及当人体发生跌倒时，通过将人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线；

根据设定模型构建算法，以及每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述

跌倒描述特征下的特征值，训练生成所述跌倒检测预测模型。

这样设置可以在一个或者多个跌倒描述特征下训练跌倒检测预测模型，使得训练模型的预测结果更加贴近实际结果。

实施例四

图4是本发明实施例四提供的一种跌倒检测方法的流程图，本实施例以上述实施例为基础进行改变，在本实施例中，将所述模型构建算法改变为决策树算法，将所述跌倒检测预测模型改变为决策树模型；其中，所述决策树模型中的不同子节点对应不同的跌倒描述特征；

同时，将根据设定模型构建算法，以及每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征下的特征值，训练生成所述跌倒检测预测模型改变为：确定所述决策树算法的类别属性的取值为发生跌倒以及未发生跌倒；确定所述决策树算法的非类别属性为所述跌倒描述特征，并设定所述跌倒描述特征的标准取值；计算所述类别属性的信息熵；根据每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征下的特征值，计算每个所述非类别属性的信息熵；根据所述类别属性的信息熵，以及所述非类别属性的信息熵，计算每个所述非类别属性的信息增量值，并根据每个所述非类别属性的信息增量值，确定目标测试属性；将所述目标测试属性作为一个当前子节点，并在所述当前子节点的基础上，重复迭代重新确定新的测试属性作为新的子节点，直至生成决策树模型作为所述跌倒检测预测模型。相应的，本实施例的方法包括：

在S410中，获取跌倒检测训练实例集。

其中，训练实例包括：当人体未发生跌倒时，通过利用人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线；以及当人体发生跌倒时，通过利用人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线。

在S420中，确定所述决策树算法的类别属性的取值为发生跌倒以及未发生跌倒。

在S430中，确定所述决策树算法的非类别属性为所述跌倒描述特征，并设定所述跌倒描述特征的标准取值。

在S440中，计算所述类别属性的信息熵。

在S450中，根据每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征

下的特征值，计算每个所述非类别属性的信息熵。

在S460中，根据所述类别属性的信息熵，以及所述非类别属性的信息熵，计算每个所述非类别属性的信息增量值，并根据每个所述非类别属性的信息增量值，确定目标测试属性。

在S470中，将所述目标测试属性作为一个当前子节点，并在所述当前子节点的基础上，重复迭代重新确定新的测试属性作为新的子节点，直至生成决策树模型作为所述跌倒检测预测模型。

决策树是一种树形结构的分类方法，其中每个内部节点表示一个属性上的测试，每个分支代表一个测试输出，每个叶节点代表一种类别。决策树的原理是：从根节点开始，对数据样本进行测试，根据不同的结果将数据样本划分成不同的数据样本子集，每个数据样本子集构成一个子节点。对每个子节点再进行划分，生成新的子节点，不断反复，直至达到特定的终止准则。

下面通过一个可选实例对生成决策树模型的过程进行描述：其中，在本实例中，使用ID3（Iterative Dichotomies 3，迭代二分法3）生成所述决策树模型。

模型训练阶段的过程为：

1、确定训练实例集：假设训练实例集为 X ，则在 X 中训练实例总数目为 $|X|$ ，其中第 i 类训练实例的数目是 $|X_i|$ 。根据经验和实验结果，训练实例总个数 $|X|$ 拟定为200个。

2、确定在基于ID3决策树中的类别属性和非类别属性：类别属性是指根据相关的因素来判断是否发生跌倒，因此类别属性的输出结果分为两种：发生跌倒，没有发生跌倒。非类别属性是指所述跌倒描述特征。在跌倒检测中，非类别属性以及标准取值（所述标准取值的值的大小可根据实际测量结果而确定）如表1所示：

表1 非类别属性以及标准取值

非类别属性	非类别属性的标准取值
接收信号变化曲线的最大值 (A)	-20dB,-10dB,-5dB
接收信号变化曲线最大值与最小值的差值(B)	15dB,8dB
接收信号变化曲线的方差(C)	5dB,4dB,3dB,2dB

接收信号变化曲线的斜率(D)	40dB/s,20dB/s
跌倒后接收信号变化曲线平均值(E)	-9dB,-7dB,-5dB

3、对类别属性的信息熵，即是否发生跌倒进行计算：

令类别属性的熵为 T ，在所有的训练实例集中，假设发生跌倒的实例集的数目为 p_1 ，没发生跌倒的实例集的数目为 $p_2 = |X| - p_1$ ，则发生跌倒的概率和没发生跌倒的概率分别如公式 (5) 和公式 (6) 所示：

$$P(p_1) = \frac{p_1}{|X|} \quad (5)$$

$$P(p_2) = \frac{p_2}{|X|} \quad (6)$$

因此类别属性的信息熵如公式 (7) 所示：

$$INFO(T) = -P(p_1) \log_2 P(p_1) - P(p_2) \log_2 P(p_2) \quad (7)$$

4、对非类别属性的信息熵进行计算：

非类别属性共有五种，如表1所示，分别为接收信号变化曲线的最大值、接收信号变化曲线中最大值与最小值的差值、接收信号变化曲线的方差、接收信号变化曲线的斜率、跌倒后接收信号变化曲线的平均值。对非类别属性的信息熵分别按如下方式计算：

(1) 对于非类别属性中的接收信号变化曲线的最大值A的信息熵进行计算，如下所示：

$$INFO(A, T) = - \sum_{i=1}^n \frac{|A_i|}{|A|} \sum_{k=1}^K \frac{|A_{ik}|}{|A_i|} \log_2 \frac{|A_{ik}|}{|A_i|} \quad (8)$$

其中 $|A|$ 为非类别属性中的接收信号变化曲线的最大值A实例集的数目， $|A_i|$ 为第 i 个实例集的数目，即 $|A_i|$ 共有三种标准取值，分别对应为 $A=-20\text{dB}$ ， $A=-10\text{dB}$ ， $A=-5\text{dB}$ 时的实例集的数目， $|A_{ik}|$ 为在 $|A_i|$ 实例集中发生跌倒的数目。

(2) 对于非类别属性中的接收信号变化曲线中最大值与最小值的差值B的信息熵进行计算，如下所示：

$$INFO(B, T) = - \sum_{i=1}^n \frac{|B_i|}{|B|} \sum_{k=1}^K \frac{|B_{ik}|}{|B_i|} \log_2 \frac{|B_{ik}|}{|B_i|} \quad (9)$$

其中 $|B|$ 为非类别属性中的接收信号变化曲线中最大值与最小值的差值B实例集的数目， $|B_i|$ 为第 i 个实例集的数目，即 $|B_i|$ 共有两种标准取值，分别对应为 $B=15\text{dB}$ ， $B=8\text{dB}$ 的实例集的数目。

(3) 对于非类别属性中的接收信号变化曲线的方差C的信息熵进行计算，如下

所示:

$$INFO(C,T) = - \sum_{i=1}^n \frac{|C_i|}{|C|} \sum_{k=1}^K \left| \frac{C_{ik}}{|C_i|} \right| \log_2 \frac{|C_{ik}|}{|C_i|} \quad (10)$$

其中 $|C|$ 为非类别属性中的接收信号变化曲线的方差C实例集的数目, $|C_i|$ 为第*i*个实例集的数目, 即 $|C_i|$ 共有四种标准取值, 分别对应为C=5dB, C=4dB, C=3dB, C=2dB的实例集的数目。

(4)对于非类别属性中的接收信号变化曲线的斜率D的信息熵进行计算, 如下所示:

$$INFO(D,T) = - \sum_{i=1}^n \frac{|D_i|}{|D|} \sum_{k=1}^K \left| \frac{D_{ik}}{|D_i|} \right| \log_2 \frac{|D_{ik}|}{|D_i|} \quad (11)$$

其中 $|D|$ 为非类别属性中的接收信号变化曲线的斜率D实例集的数目, $|D_i|$ 为第*i*个实例集的数目, 即 $|D_i|$ 共有两种标准取值, 分别对应为D=40dB/S, D=20dB/S的实例集的数目。

(5)对于非类别属性中的跌倒后接收信号变化曲线的平均值E的信息熵进行计算, 如下所示:

$$INFO(E,T) = - \sum_{i=1}^n \frac{|E_i|}{|E|} \sum_{k=1}^K \left| \frac{E_{ik}}{|E_i|} \right| \log_2 \frac{|E_{ik}|}{|E_i|} \quad (12)$$

其中 $|E|$ 为非类别属性中的跌倒后接收信号变化曲线的平均值E实例集的数目, $|E_i|$ 为第*i*个实例集的数目, 即 $|E_i|$ 共有三种标准取值, 分别对应为E=-9dB, E=-7dB, E=-5dB的实例集的数目。

5、计算信息增益量: 分别计算在每个非类别属性中的信息增益量, 如式(13)所示:

$$Gain(X,T) = INFO(T) - INFO(X,T) \quad (13)$$

6、确定测试属性: 信息增益量越大, 说明该非类别属性的信息对于实现跌倒检测的帮助越大, 则将该非类别属性选择为测试属性。

7、构造决策树: 应用上面的方法, 通过递归算法建立决策树。递归下去, 可得到通过算法构造出的一棵决策树, 最终完成模型训练阶段。

在S480中, 根据所述接收测量值, 更新接收信号变化曲线。

其中, 所述接收信号变化曲线与一个周期内的所述跌倒检测信号相对应;

在S490中, 根据所述接收信号变化曲线, 计算至少一项跌倒描述特征的特征值。

在S4100中, 将所述至少一项跌倒描述特征的特征值输入至预先训练的所述决策树模型中, 并根据所述决策树模型的输出结果, 进行跌倒检测。

本发明实施例的技术方案通过使用决策树算法构造跌倒检测预测模型，可以实现在相对短的时间内能够对大型数据源做出可行且效果良好的结果，可以对有许多属性的数据集构造决策树。

在上述多个实施例的基础上，基于ID3决策树模型建立后，利用基于人体通信的跌倒检测系统，采集获取多个不同年龄、不同身高、不同体重的志愿者在日常生活中以及在跌倒过程中的接收信号变化曲线，并将接收信号变化曲线导入到决策树中进行跌倒检测。通过将实际测量结果与通过决策树模拟预测得到结果进行对比，对决策树模型进行修正。如果通过决策树得到的跌倒检测结果误差较大，则可以增加训练实例集的数目，使训练集更具普遍性，并重新计算决策树，直至满足要求，以提高跌倒预测精度。

实施例五

图5为本发明实施例五提供的一种跌倒检测装置的结构图。本发明实施例提供的跌倒检测装置可以应用于本发明实施例所述的跌倒检测设备的接收器中，可选的，接收器的微处理器中。如图5所示，所述装置包括：

接收测量值获取模块510，设置为通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值。

特征值提取模块520，设置为根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值。

跌倒检测模块530，设置为根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

本发明实施例提供的跌倒检测装置，通过使用电容式耦合方式利用人体作为传输介质的跌倒检测设备构成人体通信信号通路，利用人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异，基于接收器收到的信号进行跌倒检测，解决了相关技术中多类跌倒检测技术所存在的多种缺陷问题，优化相关技术中的跌倒检测技术，提高跌倒检测方案的通用性，同时，该跌倒检测设备具有体积小、重量轻、功耗低、对佩戴位置不敏感以及检测精度高等优点，为跌倒检测技术的发展提供一种新的思路。

在上述实施例的基础上，所述跌倒检测信号可以为周期性的变频信号；

其中，所述变频信号在一个周期内以第一频率为起点，按照设定频率跨度递增值至第二频率。

在上述实施例的基础上，所述特征值提取模块可以包括：

变化曲线更新单元, 设置为根据所述接收测量值, 更新接收信号变化曲线;
其中, 所述接收信号变化曲线与一个周期内的所述跌倒检测信号相对应;

特征更新值计算单元, 设置为根据所述接收信号变化曲线, 计算至少一项跌倒描述特征的特征值。

在上述实施例的基础上, 所述变化曲线更新单元, 可以是设置为:

根据第K时刻下获取的所述跌倒检测信号的接收测量值以及卡尔曼滤波算法, 计算所述第K+1时刻下所述跌倒检测信号的预估计最优值, 其中, K为大于等于1的正整数;

使用所述跌倒检测信号的预估计最优值, 更新所述接收信号变化曲线。

在上述实施例的基础上, 所述特征更新值计算单元可以是设置为:

将至少一项跌倒描述特征的特征值输入至预先训练的跌倒检测预测模型中, 并根据所述跌倒检测预测模型的输出结果, 进行跌倒检测。

在上述实施例的基础上, 还可以包括, 跌倒检测预测模型训练模块, 其中, 所述, 跌倒检测预测模型训练模块可以包括:

训练实例集获取单元, 设置为获取跌倒检测训练实例集, 其中, 训练实例包括: 当人体未发生跌倒时, 通过将人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线; 以及当人体发生跌倒时, 通过将人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线;

模型训练单元, 设置为根据设定模型构建算法, 以及每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征下的特征值, 训练生成所述跌倒检测预测模型。

在上述实施例的基础上, 所述模型构建算法可以为决策树算法, 所述跌倒检测预测模型可以为决策树模型;

其中, 所述决策树模型中的不同子节点对应不同的跌倒描述特征。

在上述实施例的基础上, 所述模型训练单元可以是设置为:

确定所述决策树算法的类别属性的取值为发生跌倒以及未发生跌倒;

确定所述决策树算法的非类别属性为所述跌倒描述特征, 并设定所述跌倒描述特征的标准取值;

计算所述类别属性的信息熵;

根据每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征下的特征值, 计算每个所述非类别属性的信息熵;

根据所述类别属性的信息熵，以及所述非类别属性的信息熵，计算每个所述非类别属性的信息增量值，并根据每个所述非类别属性的信息增量值，确定目标测试属性；

将所述目标测试属性作为一个当前子节点，并在所述当前子节点的基础上，重复迭代重新确定新的测试属性作为新的子节点，直至生成决策树模型作为所述跌倒检测预测模型。

在上述实施例的基础上，所述跌倒描述特征可以包括下述至少一项：

所述接收信号变化曲线的最大值、所述接收信号变化曲线的最大值与最小值的差值、所述接收信号变化曲线的方差、所述接收信号变化曲线的斜率以及跌倒后接收信号变化曲线的平均值。

本发明实施例所提供的跌倒检测装置可用于执行本公开任意实施例提供的跌倒检测方法，具备相应的功能模块，实现相同的有益效果。

本发明实施例还提供了一种非暂态计算机可读存储介质，存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行上述实施例所述的跌倒检测方法。

上述非暂态计算机可读存储介质可以是包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质，也可以是暂态存储介质。

工业实用性

本发明实施例提供的跌倒检测设备、跌倒检测方法及装置，通过采用电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备构成人体通信信号通路，利用人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异，基于接收器收到的信号进行跌倒检测，解决了相关技术中多类跌倒检测技术所存在的多种缺陷问题，优化相关技术中的跌倒检测技术，提高跌倒检测方案的通用性，同时，该跌倒检测设备具有体积小、重量轻、功耗低、对佩戴位置不敏感以及检测精度高等优点。

1、一种跌倒检测设备，包括：发送器以及接收器；

所述发送器与所述接收器设置为通过电容耦合方式利用人体作为传输介质进行通信，所述发送器的发送电极与所述接收器的接收电极构成前向回路，所述发送器的地电极与所述接收器的地电极构成后向回路；

所述发送器，设置为产生跌倒检测信号，并将所述跌倒检测信号耦合至人体；

所述接收器，设置为获取通过人体传输的所述跌倒检测信号的接收测量值；根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

2、根据权利要求1所述的跌倒检测设备，其中，所述发送器包括：

微处理器、直接数字式频率合成器DDS、巴伦转换器、低通滤波器、发送电极以及地电极；

其中，所述微处理器，设置为控制所述DDS产生设定频率范围内的单端正弦波信号；

所述巴伦转换器，设置为将所述DDS输出的所述单端正弦波信号转换为双端正弦波信号，并输出至所述低通滤波器；

所述低通滤波器，设置为对所述双端正弦波信号进行低通滤波，并将滤波后产生的跌倒检测信号通过所述发送电极耦合至人体中；

所述发送电极设置为与人体的皮肤表面相接触，所述地电极设置为与所述发送电极绝缘连接。

3、根据权利要求1所述的跌倒检测设备，其中，所述接收器包括：微处理器、接收电极以及地电极；

所述接收电极，设置为获取通过人体传输的所述跌倒检测信号的接收测量值，并将所述接收测量值发送至所述微处理器；

所述微处理器，设置为根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测；

所述接收电极设置为与人体的皮肤表面相接触，所述地电极设置为与所述接收电极绝缘连接。

4、一种跌倒检测方法，应用于如权利要求1-3任一项所述的跌倒检测设备的

接收器中, 包括:

通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值;

根据所述接收测量值, 提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值; 以及

根据所述跌倒描述特征的特征值, 进行跌倒检测。

5、根据权利要求4所述的方法, 其中, 所述跌倒检测信号为周期性的变频信号;

其中, 所述变频信号在一个周期内以第一频率为起点, 按照设定频率跨度递增值至第二频率。

6、根据权利要求5所述的方法, 其中, 根据所述接收测量值, 提取用于表征人体跌倒与未跌倒时所述后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值包括:

根据所述接收测量值, 更新接收信号变化曲线; 其中, 所述接收信号变化曲线与一个周期内的所述跌倒检测信号相对应;

根据所述接收信号变化曲线, 计算至少一项跌倒描述特征的特征值。

7、根据权利要求6所述的方法, 其中, 根据所述接收测量值, 更新接收信号变化曲线包括:

根据第K时刻下获取的所述跌倒检测信号的接收测量值以及卡尔曼滤波算法, 计算所述第K+1时刻下所述跌倒检测信号的预估计最优值, 其中, K为大于等于1的正整数;

使用所述跌倒检测信号的预估计最优值, 更新所述接收信号变化曲线。

8、根据权利要求6所述的方法, 其中, 根据所述跌倒描述特征的特征值, 进行跌倒检测包括:

将至少一项跌倒描述特征的特征值输入至预先训练的跌倒检测预测模型中, 并根据所述跌倒检测预测模型的输出结果, 进行跌倒检测。

9、根据权利要求8所述的方法, 其中, 训练跌倒检测预测模型包括:

获取跌倒检测训练实例集, 其中, 训练实例包括: 当人体未发生跌倒时, 通过将人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线; 以及当人体发生跌倒时, 通过将人体作为传输介质进行通信的跌倒检测设备中的接收器获取的接收信号变化曲线;

根据设定模型构建算法, 以及每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述

跌倒描述特征下的特征值，训练生成所述跌倒检测预测模型。

10、根据权利要求9所述的方法，其中，所述模型构建算法为决策树算法，所述跌倒检测预测模型为决策树模型；

其中，所述决策树模型中的不同子节点对应不同的跌倒描述特征。

11、根据权利要求10所述的方法，其中，根据设定模型构建算法，以及每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征下的特征值，训练生成所述跌倒检测预测模型包括：

确定所述决策树算法的类别属性的取值为发生跌倒以及未发生跌倒；

确定所述决策树算法的非类别属性为所述跌倒描述特征，并设定所述跌倒描述特征的标准取值；

计算所述类别属性的信息熵；

根据每个所述接收信号变化曲线在至少一个所述跌倒描述特征下的特征值，计算每个所述非类别属性的信息熵；

根据所述类别属性的信息熵，以及所述非类别属性的信息熵，计算每个所述非类别属性的信息增量值，并根据每个所述非类别属性的信息增量值，确定目标测试属性；以及

将所述目标测试属性作为一个当前子节点，并在所述当前子节点的基础上，重复迭代重新确定新的测试属性作为新的子节点，直至生成决策树模型作为所述跌倒检测预测模型。

12、根据权利要求5-11任一项所述的方法，其中，所述跌倒描述特征包括下述至少一项：

所述接收信号变化曲线的最大值、所述接收信号变化曲线的最大值与最小值的差值、所述接收信号变化曲线的方差、所述接收信号变化曲线的斜率以及跌倒后接收信号变化曲线的平均值。

13、一种跌倒检测装置，包括：

接收测量值获取模块，设置为通过接收电极获取跌倒检测信号的接收测量值；

特征值提取模块，设置为根据所述接收测量值，提取用于表征人体跌倒与未跌倒时后向回路的信道特征差异的跌倒描述特征的特征值；以及

跌倒检测模块，设置为根据所述跌倒描述特征的特征值，进行跌倒检测。

14、根据权利要求13所述的装置，其中，所述跌倒检测信号为周期性的变

频信号；

其中，所述变频信号在一个周期内以第一频率为起点，按照设定频率跨度递增值至第二频率。

15、根据权利要求14所述的装置，其中，所述特征值提取模块包括：

变化曲线更新单元，设置为根据所述接收测量值，更新接收信号变化曲线；
其中，所述接收信号变化曲线与一个周期内的所述跌倒检测信号相对应；

特征更新值计算单元，设置为根据所述接收信号变化曲线，计算至少一项跌倒描述特征的特征值。

16、根据权利要求15所述的装置，其中，所述跌倒检测模块是设置为：

将至少一项跌倒描述特征的特征值输入至预先训练的跌倒检测预测模型中，并根据所述跌倒检测预测模型的输出结果，进行跌倒检测。

17、一种非暂态计算机可读存储介质，存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行权利要求4-12任一项所述的方法。

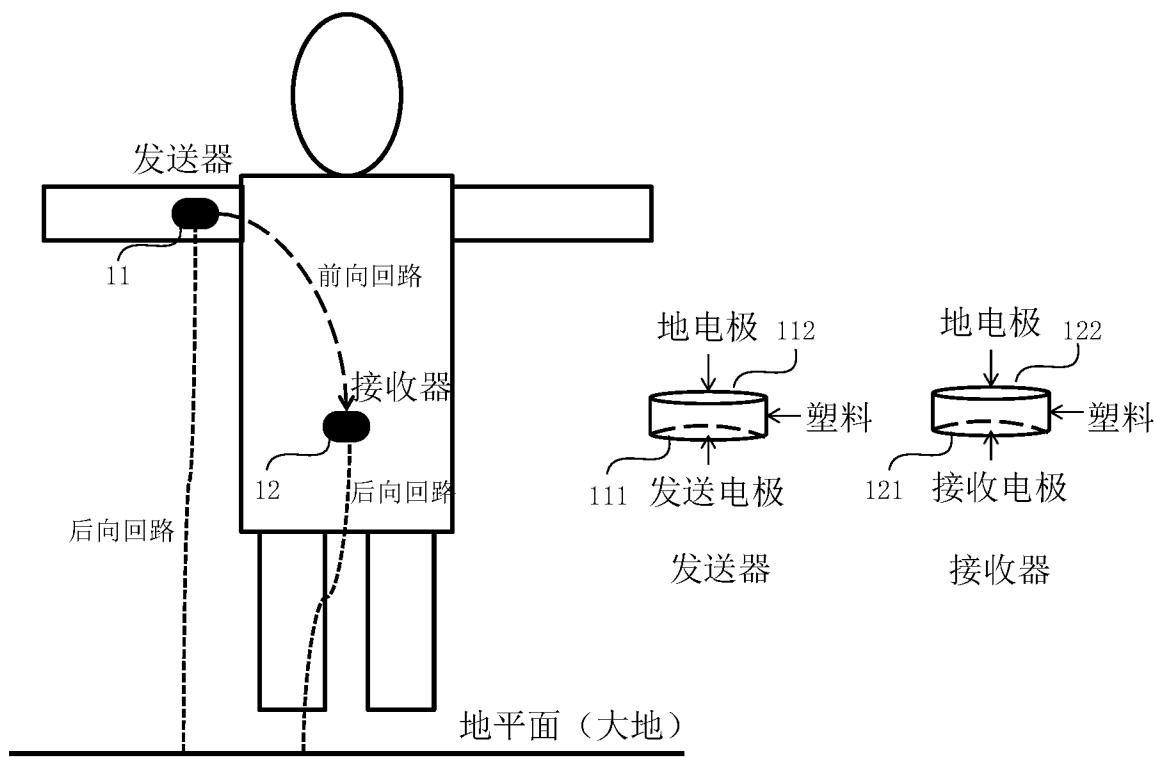


图 1a

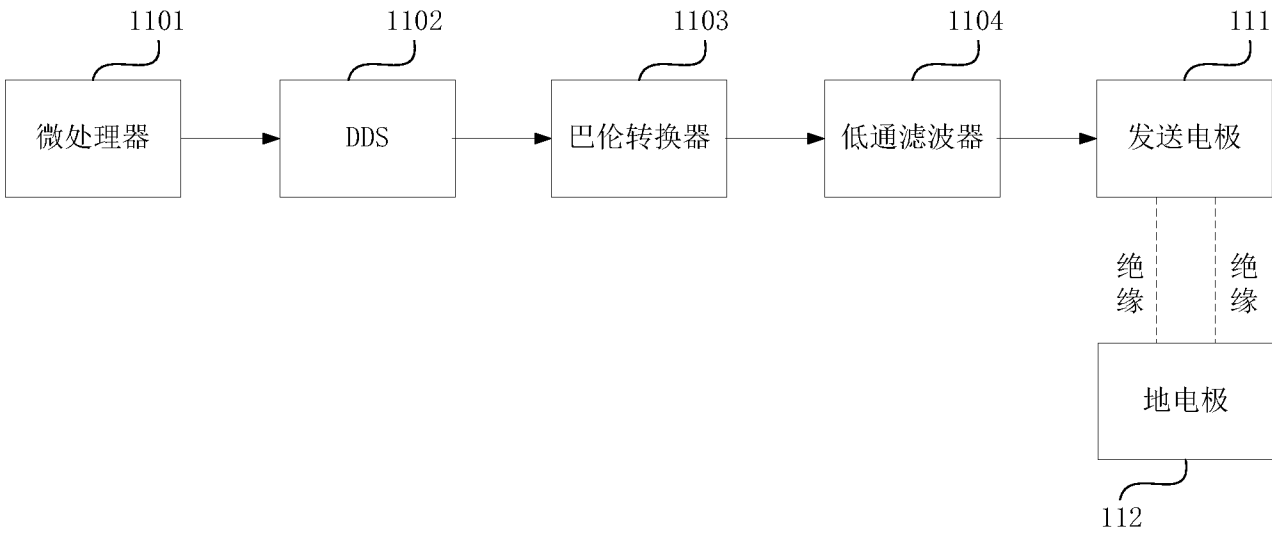


图 1b

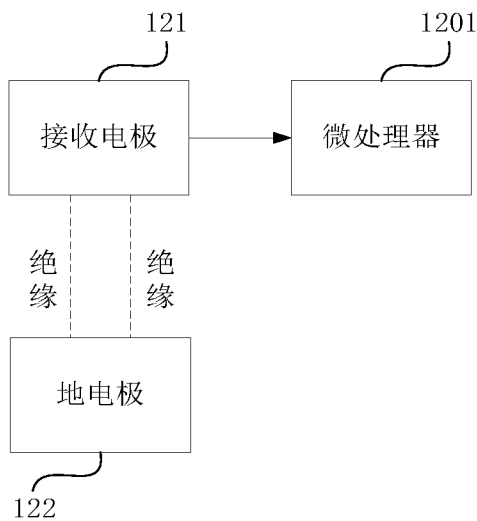


图 1c

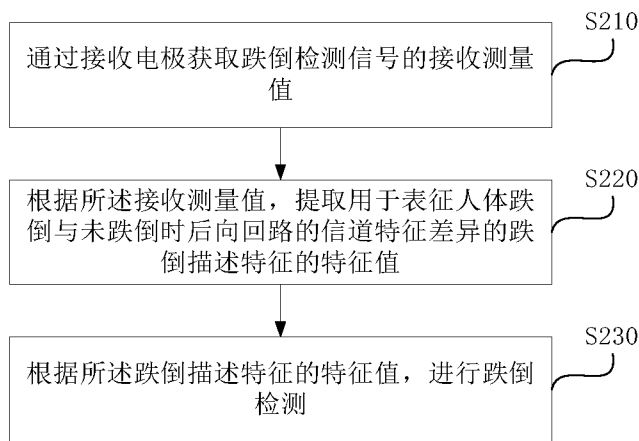


图 2

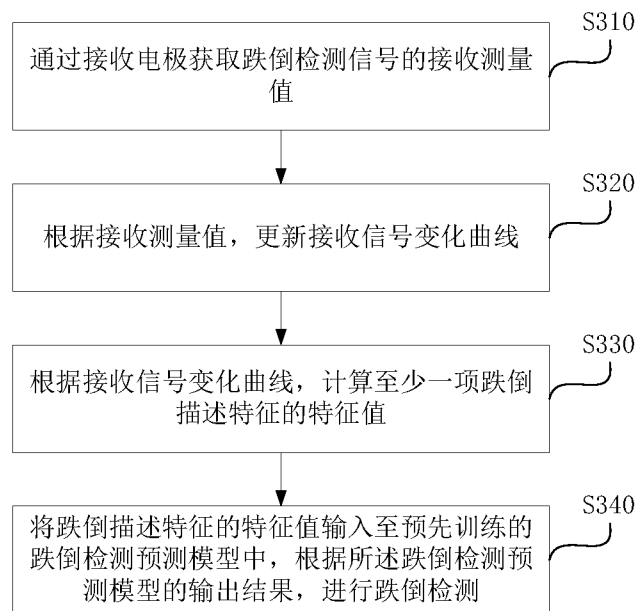


图 3

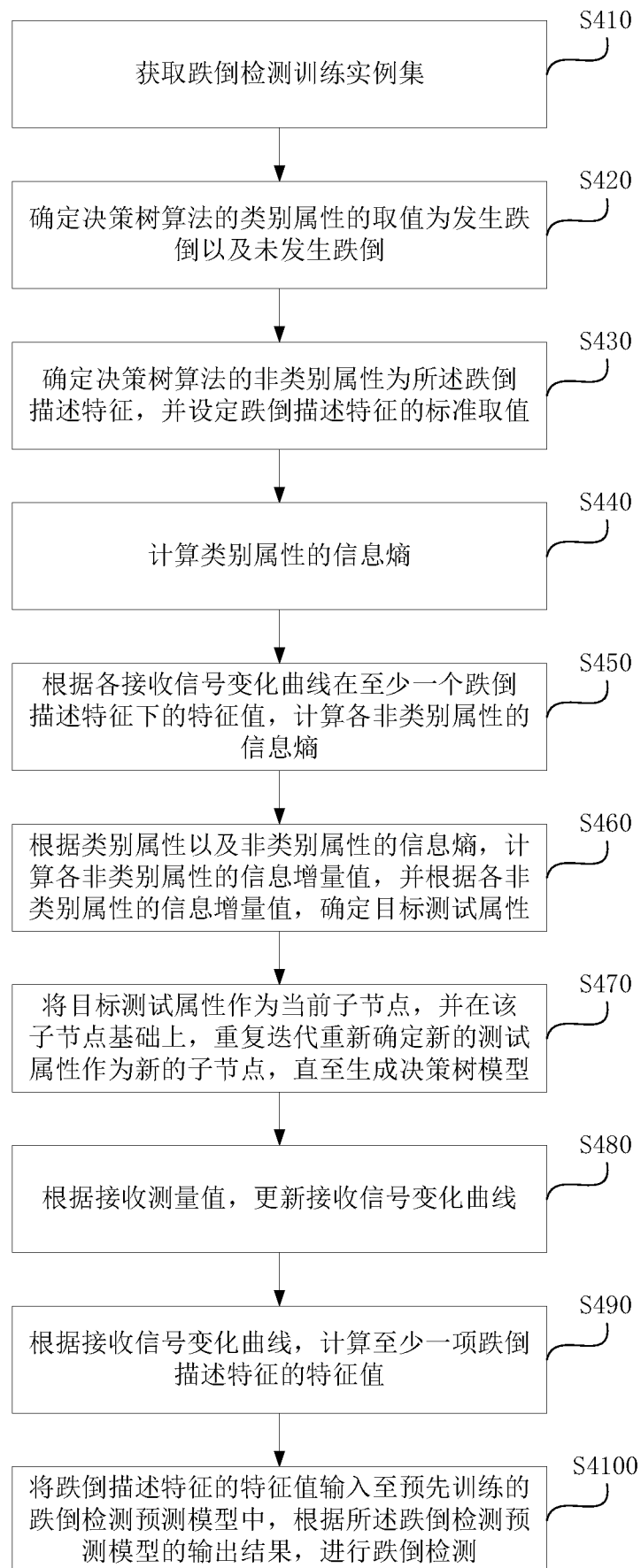


图 4

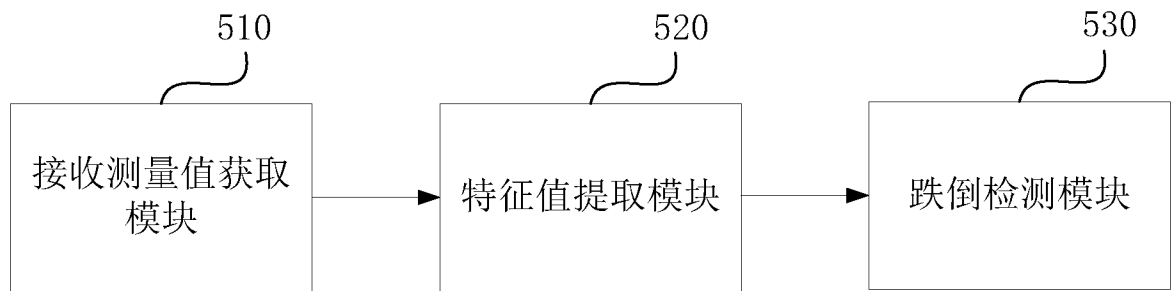


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/109844

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/11 (2006.01) i; G08B 21/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5/; G08B 21/

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX, CNABS, VEN, CNKI, BAIDU: 跌倒, 摔倒, 检测, 监测, 老人, 老年人, 信道特性差异, 地电极, 接收, 测量, 巴伦检测, 巴伦转换器, fall?, detect+, monitor+, senior, elder, elderly, person, people, GND, receiver, measurement, channel, character?, BALUN

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105493163 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 13 April 2016 (13.04.2016), the abstract, claims 1-15, and figures 1-3	1-17
A	CN 104169680 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 26 November 2014 (26.11.2014), entire document	1-17
A	CN 102469956 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 23 May 2012 (23.05.2012), entire document	1-17
A	WO 2014195146 A1 (KONINKL PHILIPS N.V.) 11 December 2014 (11.12.2014), entire document	1-17
A	US 2012259577 A1 (GANYI TIBOR) 11 October 2012 (11.10.2012), entire document	1-17
A	JP 5997463 B2 (SOGO KEIBI HOSHO K.K.) 28 September 2016 (28.09.2016), entire document	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 April 2017	Date of mailing of the international search report 05 May 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WU, Xinghua Telephone No. (86-10) 62089556

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/109844

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105493163 A	13 April 2016	WO 2015028283 A1	05 March 2015
		EP 3039660 A1	06 July 2016
		US 2016203692 A1	14 July 2016
		JP 2016531681 A	13 October 2016
CN 104169680 A	26 November 2014	JP 2015514201 A	18 May 2015
		WO 2013136251 A1	19 September 2013
		US 2015025817 A1	22 January 2015
		EP 2825840 A1	21 January 2015
CN 102469956 A	23 May 2012	JP 6106198 B2	29 March 2017
		US 9060715 B2	23 June 2015
		EP 2456493 A1	30 May 2012
		WO 2011010191 A1	27 January 2011
		US 9072464 B2	07 July 2015
		RU 2542778 C2	27 February 2015
		JP 5543592 B2	09 July 2014
		RU 2012106299 A	27 August 2013
		EP 2457065 A1	30 May 2012
		JP 2012533812 A	27 December 2012
		EP 2456359 B1	26 June 2013
		CN 102470225 A	23 May 2012
		US 2015273164 A1	01 October 2015
		EP 2456493 B1	26 June 2013
		WO 2011010282 A1	27 January 2011
		US 2012109575 A1	03 May 2012
		RU 2559933 C2	20 August 2015
		CN 102470225 B	05 March 2014
		AU 2009350114 A1	15 March 2012
		CN 102469956 B	24 September 2014

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/109844

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
		WO 2011010260 A1	27 January 2011
		RU 2012106257 A	27 August 2013
		CN 102472648 A	23 May 2012
		JP 5580415 B2	27 August 2014
		US 2012103085 A1	03 May 2012
		EP 2456359 A1	30 May 2012
		JP 2012533750 A	27 December 2012
		AU 2009350114 B2	10 July 2014
		US 2012285447 A1	15 November 2012
		CN 102472648 B	16 April 2014
WO 2014195146 A1	11 December 2014	IN 201200969 P4	28 June 2013
		CN 105263411 A	20 January 2016
		JP 2016525383 A	25 August 2016
		US 2016113551 A1	28 April 2016
		CA 2914240 A1	11 December 2014
		EP 3003147 A1	13 April 2016
		AU 2014277079 A1	28 January 2016
		EP 2696760 B1	25 March 2015
		US 9427177 B2	30 August 2016
		EP 2696760 A1	19 February 2014
US 2012259577 A1	11 October 2012	EP 2696760 B8	06 May 2015
		WO 2012140571 A1	18 October 2012
		JP 5997463 B2	28 September 2016
		JP 2013185924 A	19 September 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/109844

A. 主题的分类

A61B 5/11(2006.01)i; G08B 21/04(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A61B5/; G08B21/

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTXT, CNABS, VEN, CNKI, BAIDU: 跌倒, 摔倒, 检测, 监测, 老人, 老年人, 信道特性差异, 地电极, 接收, 测量, 巴伦检测, 巴伦转换器, fall?, detect+, monitor+, senior, elder, elderly, person, people, GND, receiver, measurement, channel, character?, BALUN

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105493163 A (皇家飞利浦有限公司) 2016年 4月 13日 (2016 - 04 - 13) 摘要, 权利要求1-15, 图1-3	1-17
A	CN 104169680 A (皇家飞利浦有限公司) 2014年 11月 26日 (2014 - 11 - 26) 全文	1-17
A	CN 102469956 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2012年 5月 23日 (2012 - 05 - 23) 全文	1-17
A	WO 2014195146 A1 (KONINKL PHILIPS NV) 2014年 12月 11日 (2014 - 12 - 11) 全文	1-17
A	US 2012259577 A1 (GANYI TIBOR) 2012年 10月 11日 (2012 - 10 - 11) 全文	1-17
A	JP 5997463 B2 (SOGO KEIBI HOSHIO KK) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28) 全文	1-17

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 4月 20日

国际检索报告邮寄日期

2017年 5月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

吴兴华

电话号码 (86-10)62089556

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/109844

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105493163	A	2016年 4月 13日	WO	2015028283	A1	2015年 3月 5日
				EP	3039660	A1	2016年 7月 6日
				US	2016203692	A1	2016年 7月 14日
				JP	2016531681	A	2016年 10月 13日
CN	104169680	A	2014年 11月 26日	JP	2015514201	A	2015年 5月 18日
				WO	2013136251	A1	2013年 9月 19日
				US	2015025817	A1	2015年 1月 22日
				EP	2825840	A1	2015年 1月 21日
				JP	6106198	B2	2017年 3月 29日
CN	102469956	A	2012年 5月 23日	US	9060715	B2	2015年 6月 23日
				EP	2456493	A1	2012年 5月 30日
				WO	2011010191	A1	2011年 1月 27日
				US	9072464	B2	2015年 7月 7日
				RU	2542778	C2	2015年 2月 27日
				JP	5543592	B2	2014年 7月 9日
				RU	2012106299	A	2013年 8月 27日
				EP	2457065	A1	2012年 5月 30日
				JP	2012533812	A	2012年 12月 27日
				EP	2456359	B1	2013年 6月 26日
				CN	102470225	A	2012年 5月 23日
				US	2015273164	A1	2015年 10月 1日
				EP	2456493	B1	2013年 6月 26日
				WO	2011010282	A1	2011年 1月 27日
				US	2012109575	A1	2012年 5月 3日
				RU	2559933	C2	2015年 8月 20日
				CN	102470225	B	2014年 3月 5日
				AU	2009350114	A1	2012年 3月 15日
				CN	102469956	B	2014年 9月 24日
				WO	2011010260	A1	2011年 1月 27日
				RU	2012106257	A	2013年 8月 27日
				CN	102472648	A	2012年 5月 23日
				JP	5580415	B2	2014年 8月 27日
				US	2012103085	A1	2012年 5月 3日
				EP	2456359	A1	2012年 5月 30日
				JP	2012533750	A	2012年 12月 27日
				AU	2009350114	B2	2014年 7月 10日
				US	2012285447	A1	2012年 11月 15日
				CN	102472648	B	2014年 4月 16日
				IN	201200969	P4	2013年 6月 28日
WO	2014195146	A1	2014年 12月 11日	CN	105263411	A	2016年 1月 20日
				JP	2016525383	A	2016年 8月 25日
				US	2016113551	A1	2016年 4月 28日
				CA	2914240	A1	2014年 12月 11日
				EP	3003147	A1	2016年 4月 13日
				AU	2014277079	A1	2016年 1月 28日
US	2012259577	A1	2012年 10月 11日	EP	2696760	B1	2015年 3月 25日
				US	9427177	B2	2016年 8月 30日
				EP	2696760	A1	2014年 2月 19日
				EP	2696760	B8	2015年 5月 6日
				WO	2012140571	A1	2012年 10月 18日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)

国际申请号
PCT/CN2016/109844

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
JP	5997463	B2	2016年 9月 28日	JP	2013185924	A	2013年 9月 19日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)