

(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
2022 年 11 月 10 日 (10.11.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/233138 A1

(51) 国际专利分类号:
A61B 5/00 (2006.01) *A61B 5/11* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/137704

(22) 国际申请日: 2021 年 12 月 14 日 (14.12.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110497086.3 2021年5月7日 (07.05.2021) CN

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTE 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: 张笑千 (ZHANG, Xiaoqian); 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)。 尚鹏 (SHANG, Peng); 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)。 侯增涛 (HOU, Zengtao); 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)。 杨德龙 (YANG, Delong); 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)。 罗朝晖 (LUO, Zhaohui); 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)。 刘程祥 (LIU, Chengxiang); 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)。 王博 (WANG, Bo); 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)。

(54) Title: GAIT ANALYSIS SYSTEM

(54) 发明名称: 一种步态分析系统

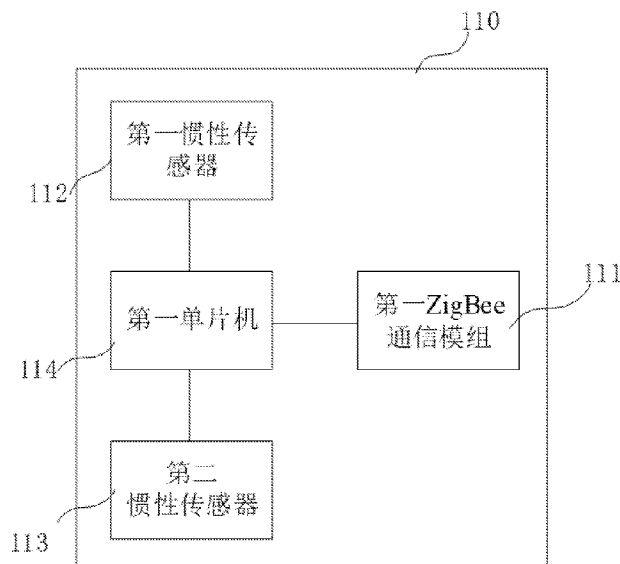


图 2

111 First ZigBee communication module
112 First inertia sensor

113 First single chip microcomputer
114 Second inertia sensor

(57) Abstract: A gait analysis system (100), comprising a lower limb detection device (110), a foot bottom detection device (120), and a processing device (130). The lower limb detection device (110) is fixed to the lower limb of a human body and is used for acquiring knee joint motion information, and the lower limb detection device (110) comprises a first ZigBee communication module (111) for sending the knee joint motion information. The foot bottom detection device (120) is fixed to the foot bottom of the human body and is used for acquiring foot bottom pressure information, and the foot bottom detection device (120) comprises a second ZigBee

(74) 代理人: 北京中巡通大知识产权代理有限公司
(BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL
PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市
西城区榆树馆胡同东口1层106, Beijing
100195 (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, IT,
JO, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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))。

communication module (121) for sending the foot bottom pressure information. The processing device (130) is used for acquiring the knee joint motion information and the foot bottom pressure information, and performing gait analysis on the human body according to the knee joint motion information and the foot bottom pressure information. In this way, the power consumption and costs of the gait analysis system can be reduced.

(57) 摘要: 一种步态分析系统(100), 包括下肢检测装置(110)、足底检测装置(120)以及处理装置(130); 下肢检测装置(110), 固定于人体下肢, 用于获取膝关节运动信息, 下肢检测装置(110), 包括第一zigbee通信模组(111), 用于将膝关节运动信息发送出去; 足底检测装置(120), 固定于人体足底, 用于获取足底压力信息, 足底检测装置(120), 包括第二zigbee通信模组(121), 用于将足底压力信息发送出去; 处理装置(130), 用于获取膝关节运动信息和足底压力信息, 并根据膝关节运动信息和足底压力信息对人体进行步态分析。通过这种方式, 能够降低步态分析系统的功耗和成本。

一种步态分析系统

技术领域

[0001] 本申请涉及传感器检测技术领域，特别是涉及一种步态分析系统。

背景技术

[0002] 人体运动在日常活动中起着至关重要的作用，检测和分析人体运动，研究人在行走过程中的步态参数不仅对了解人体运动规律，发现肢体间的协调配合决策具有重要的意义，而且在临床诊断、康复医疗、体育科学以及仿生机构与类人机器人等领域也具有重要的意义。比如在康复医疗工程领域，智能下肢假肢是目前的研究热点。为了使智能下肢假肢行走时拥有与正常人体下肢相接近的步态，因此对人体行走步态数据的采集分析是必不可少的。

[0003] 目前，步态运动检测多基于图像处理的检测方法，这种方法存在着精度不高，无法三维检测等一系列缺点。并且传统的步态检测分析仪如步台式步态分析仪，通常价格极为昂贵且不可移动，不能对患者的步态做长期监测和诊断。现有的便携式设备对步态的检测数据类型少，且精确度低，数据也不够全面，还无法针对特定的人群或疾病进行修改，并且关于步态的检测和诊断在生活中普及度低。

[0004] 有学者提出采用基于电信号传感器的步态检测方法。但是目前利用电信号传感器的步态检测判定的方法，大都采用足底单传感器或单加速度计，且由于在日常复杂环境下人体步态的复杂程度，人体在行走过程中，每一步之间存在差异，只是依靠单传感器并不能准确可靠的判定，使得采用单传感器检测的检测结果稳定性与精确性不足，提取的步态信息不全面。此外现有的传感器数据发送方式采用有线传输，试验区域受限于线路长度。

发明概述

技术问题

[0005] 本申请主要解决的技术问题是提供一种步态分析系统，能够简化步态分析系统的布线结构，并且能够降低步态分析系统的功耗和成本。

问题的解决方案

技术解决方案

- [0006] 本申请采用的一种技术方案是提供一种步态分析系统，步态分析系统包括：下肢检测装置，固定于人体下肢，用于获取膝关节运动信息，下肢检测装置包括第一zigbee通信模组，用于将膝关节运动信息发送出去。足底检测装置，固定于人体足底，用于获取足底压力信息，足底检测装置包括第二zigbee通信模组，用于将足底压力信息发送出去。处理装置，用于获取膝关节运动信息和足底压力信息，并根据膝关节运动信息和足底压力信息对人体进行步态分析。
- [0007] 进一步地，膝关节运动信息包括膝关节的角度与加速度。
- [0008] 进一步地，下肢检测装置还包括：至少一个惯性传感器，与第一ZigBee通信模组连接，用于采集膝关节的角度与加速度。
- [0009] 进一步地，下肢检测装置包括：第一惯性传感器，用于采集大腿的角度和加速度。第二惯性传感器，用于采集小腿的角度和加速度。第一单片机，连接第一惯性传感器和第二惯性传感器以及第一ZigBee通信模组，用于基于大腿的角度和加速度、小腿的角度和加速度，计算得到膝关节的相对加速度和相对角度并通过第一ZigBee通信模组发送出去。
- [0010] 进一步地，第一单片机用于计算大腿的角度和小腿的角度之差，得到膝关节的相对角度，计算大腿的加速度和小腿的加速度之差，得到膝关节的相对加速度。
- [0011] 进一步地，下肢检测装置包括：第一箱体，用于放置第一惯性传感器、第一单片机以及第一ZigBee通信模组，第一箱体设置于大腿靠近膝关节的一侧。第二箱体，用于放置第二惯性传感器，第二箱体设置于小腿靠近膝关节的一侧。
- [0012] 进一步地，惯性传感器为九轴传感器。
- [0013] 进一步地，足底检测装置包括：至少一个足底压力传感器，连接第二zigbee通信模组，用于采集足底压力信息。至少一个单片机，连接至少一个足底压力传感器以及第二zigbee通信模组，用于接收足底压力信息计算足底压力值，并通过第二zigbee通信模组将足底压力值发送出去。
- [0014] 进一步地，足底检测装置包括三个足底压力传感器，三个足底压力传感器均连

接第二zigbee通信模组。其中，三个足底压力传感器分别对应前脚掌两侧和脚后跟设置，并分别用于感应前脚掌两侧和脚后跟的压力信号。

[0015] 进一步地，足底压力传感器为薄膜压力传感器。

发明的有益效果

有益效果

[0016] 本申请的有益效果是：区别于现有技术，本申请方案提供的步态分析系统由于下肢检测装置和足底检测装置分别包括ZigBee通信模组，因此在检测到膝关节运动信息和足底压力信息之后，可以基于各自的ZigBee通信模组将信息发送出去，进而使得处理装置能够通过ZigBee无线通信的方式获取膝关节运动信息和足底压力信息。因此，本申请方案通过ZigBee无线通信的方式将获取的膝关节运动信息和足底压力信息发送至处理装置，能够避免现有技术中通过有线传输方式带来的布线复杂的缺点，另外，由于ZigBee无线通信技术的低功耗的特点，本方案能够降低步态分析系统的功耗和成本。

对附图的简要说明

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述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申请的一些实施例，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。其中：

[0018] 图1是本实施例提供的步态分析系统一实施方式的结构示意图；

[0019] 图2是图1中下肢检测装置一实施方式的结构示意图；

[0020] 图3是下肢检测装置的佩戴示意图；

[0021] 图4是图1中足底检测装置一实施方式的结构示意图；

[0022] 图5是第一足底压力传感器、第二足底压力传感器以及第三足底压力传感器的设置位置一实施方式的俯视示意图；

[0023] 图6是第一足底压力传感器、第二足底压力传感器以及第三足底压力传感器的设置位置一实施方式的侧视示意图；

[0024] 图7是本申请提供的步态分析系统另一实施方式的结构示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0025] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅用于解释本申请，而非对本申请的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部结构。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。
- [0026] 在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。
- [0027] 步态分析不仅能够用于辅助医生完成腿部患者的病态评估，而且还在一定程度上评估患者的术后康复训练情况。在智能外骨骼逐渐普及的过程中，步态分析系统在智能外骨骼的研发阶段能够为智能控制提供相应的人体行走考量和下肢活动的参数。在外骨骼设备的调试阶段能够提供一些异常步态行为参数和肢体活动特征，包括跌倒、扭伤和痉挛等。
- [0028] 本申请发明人经长期研究发现，现有步态分析系统在采集到步态信息后，通常通过蓝牙、WiFi等无线方式，或者有线通信的方式将步态信息发送至上位机。由于有线通信的方式需要在系统的各个装置布置线路，不可避免会造成线路复杂的不良结果。而使用蓝牙、WiFi等无线方式进行数据传输时，由于蓝牙、WiFi等无线方式功耗大，因此可能使得步态分析系统的功耗大、运行成本高。
- [0029] 基于此，本实施例提供的步态分析系统基于ZigBee无线通信技术实现系统中不同装置之间数据的传输，能够简化步态分析布线结构，降低功耗和成本。
- [0030] 具体地，参阅图1，图1是本实施例提供的步态分析系统一实施方式的结构示意图，如图1所示，本实施例提供的步态分析系统100包括下肢检测装置110、足底检测装置120以及处理装置130。

[0031] 其中，下肢检测装置110固定于人体下肢，用于获取膝关节运动信息，下肢检测装置110包括第一zigbee通信模组111，用于将膝关节运动信息发送出去。足底检测装置120固定于人体足底，用于获取足底压力信息，足底检测装置120包括第二zigbee通信模组121，用于将足底压力信息发送出去。处理装置130用于获取膝关节运动信息和足底压力信息，并根据膝关节运动信息和足底压力信息对人体进行步态分析。

[0032] 实际上，下肢检测装置110通过第一zigbee通信模组111连接到ZigBee无线网络（图未示），足底检测装置120通过第二zigbee通信模组121连接到ZigBee无线网络，下肢检测装置110和足底检测装置120可以通过ZigBee无线网络将膝关节运动信息和足底压力信息发送至处理装置130。可选地，处理装置130对应安装有ZigBee通信模组（图未示），处理装置130通过ZigBee通信模组连接到ZigBee无线网络，进而使得下肢检测装置110能够通过ZigBee无线网络向处理装置130发送膝关节运动信息，使得足底检测装置120能够通过ZigBee无线网络向处理装置130发送足底压力信息。

[0033] ZigBee技术是一种新兴的短距离、低速率无线网络技术，它是一组基于IEEE802.15.4无线标准研制开发的，有关组网、安全和应用软件方面的技术标准，主要适合用于自动控制和远程控制领域，可以嵌入各种设备。

[0034] ZigBee技术具有如下特点：

[0035] 1、高可靠性：采用载波监听多路访问/冲突避免(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA)技术避免了发送数据时的竞争和冲突。使用带应答的传输方式和重传机制。使用循环冗余校验(Cyclical Redundancy Check, CRC)确保数据的正确性。

[0036] 2、低功耗：终端设备通信状态下为几十毫瓦，睡眠模式下为几十微瓦。在低功耗待机模式下2节5号干电池可支持1个节点工作6个月—24个月。

[0037] 3、低成本：ZigBee芯片成本只有两美元左右，而且ZigBee协议是免专利费的。

[0038] 4、高安全性：ZigBee提供了三级安全模式，包括无安全设定、使用接入控制清单防止非法获取数据以及采用高级加密标准(Advanced Encryption Standard

with 128-bit key , AES-128)的对称密码, 以灵活确定其安全属性。

[0039] 5、时延短: 通信时延和从休眠状态激活的时延都非常短, 典型的搜索设备时延是30ms, 休眠激活的时延是15ms, 活动设备信道接入的时延是15ms。

[0040] 6、网络容量大: 每个ZigBee网络最多可支持65535个设备。

[0041] 总的来说, 相对于现有的各种无线通信技术, ZigBee技术具有低功耗和低成本的特点, 适合于承载数据流量较小的业务。

[0042] 在本实施例中, 膝关节运动信息可以包括膝关节的角度与加速度。膝关节的角度用来表示人体膝关节的转动状态。在一个具体实施方式中, 利用人体大腿的角度与小腿的角度之差来确定膝关节的角度。其中, 大腿的角度, 即大腿相对于腰部的旋转角度, 小腿的角度, 即小腿相对于腰部的旋转角度, 因此大腿的角度与小腿的角度之差即为膝关节的角度。同理, 利用人体大腿的加速度与小腿的加速度之差来确定膝关节的加速度。其中, 大腿的加速度, 即大腿相对于腰部的旋转加速度, 小腿的加速度, 即小腿相对于腰部的旋转加速度, 因此大腿的加速度与小腿的加速度之差即为膝关节的加速度。

[0043] 下肢检测装置110包括至少一个惯性传感器(图未示), 与第一ZigBee通信模组111连接, 用于采集膝关节的角度与加速度。

[0044] 可选地, 惯性传感器可以是三轴传感器、六轴传感器或九轴传感器。可选地, 惯性传感器还可以包括信号放大处理电路和/或滤波电路等, 使得采集的膝关节的角度信号和加速度信号更加精确。

[0045] 九轴传感器是三种传感器的组合: 三轴加速传感器、三轴陀螺仪和三轴电子罗盘(地磁传感器), 三个部分作用不同, 相互配合。加速传感器是测量空间中各方向加速度的。它利用一个“重力块”的惯性, 传感器在运动的时候, “重力块”会对X、Y、Z方向(前后左右上下)产生压力, 再利用一种压电晶体, 把这种压力转换成电信号, 随着运动的变化, 各方向压力不同, 电信号也在变化, 从而判断手机的加速方向和速度大小。陀螺仪是一种用于测量角度以及维持方向的设备, 在飞行游戏, 体育类游戏和第一视角类射击等游戏中, 可以完整监测游戏者手的位移, 从而实现各种游戏操作效果。下图是一个最基础的机械陀螺仪模型, 中间金色的转子在整个仪器的运动中, 它因为惯性作用不受影响,

而周边三个“钢圈”则会因为设备改变姿态而改变，通过这样来检测设备当前的旋转状态。电子罗盘利用加速传感器和陀螺仪，基本可以描述设备的完整运动状态。但是随着长时间运动，也会产生累计偏差，不能准确描述运动姿态，比如操控画面发生倾斜。电子罗盘（地磁传感器）利用测量地球磁场，通过绝对指向功能进行修正补偿，可以有效解决累计偏差，从而修正人体的运动方向、姿态角度、运动力度和速度等。

[0046] 九轴传感器作为集成化传感器模块，减少了电路板和整体空间，更适合用在轻巧便携的电子设备和可穿戴产品中。集成化传感器的数据准确度除了器件本身的精度外，还涉及到焊接装配后的矫正，以及针对不同应用的配套算法。合适的算法可以将来自多种传感器的数据融合，弥补了单个传感器在计算准确的位置和方向时的不足，从而实现高精度的运动检测。

[0047] 本实施例可以利用的九轴传感器有BMX055、LSM9DS0或者MPU-9250。

[0048] 在一个具体实施方式中，参阅图2，图2是图1中下肢检测装置一实施方式的结构示意图，如图2所示，下肢检测装置110包括第一惯性传感器112、第二惯性传感器113、第一ZigBee通信模组111以及第一单片机114。其中，第一单片机114连接第一惯性传感器112、第二惯性传感器113以及第一ZigBee通信模组111。其中，第一惯性传感器112用于采集大腿的角度和加速度。第二惯性传感器113用于采集小腿的角度和加速度。

[0049] 第一单片机114用于基于大腿的角度和加速度、小腿的角度和加速度，计算得到膝关节的相对加速度和相对角度并通过第一ZigBee通信模组111发送出去。具体地，第一单片机114用于计算大腿的角度和小腿的角度之差，得到膝关节的相对角度，计算大腿的加速度和小腿的加速度之差，得到膝关节的相对加速度。

[0050] 本申请的发明人经过长期研究发现，现有的用于感测膝关节运动信息的设备通常利用弯曲传感器监测膝关节的角度信息，由于弯曲传感器的构造为长条状，需要通过外固定装置（如绷带）固定于整个膝关节，其不透气，紧缚感，而在功能上，弯曲传感器缺少加速度监测，无法构建完整的步态模型，从而影响病人体验甚至康复效果。

[0051] 在一个具体应用场景中，参阅图2和图3，图3是下肢检测装置的佩戴示意图，

如图所示，下肢检测装置110还包括第一盒体115和第二盒体116。其中，第一盒体115用于放置第一惯性传感器112、第一单片机114、第一ZigBee通信模组111以及电池等供电装置（图未示），第一盒体115设置于大腿靠近膝关节的一侧。第二盒体116用于放置第二惯性传感器113，第二盒体116设置于小腿靠近膝关节的一侧。

[0052] 在本实施例中，分别将下肢检测装置110的两个部分（即第一盒体115所包括的第一惯性传感器112、第一单片机114、第一ZigBee通信模组111、电池和第二盒体116所包含的第二惯性传感器113）固定在膝关节的上下两侧，膝盖活动完全不受影响且透气，可以准确获取膝关节的弯曲角度与加速度。

[0053] 可选地，在一个具体应用场景中，第一盒体115和第二盒体116设置有绑带，绑带上可以设置卡扣，用户在佩戴下肢检测装置时将第一盒体115通过绑带固定在大腿靠近膝关节的一侧，将第二盒体116通过绑带固定在小腿靠近膝关节的一侧并通过卡扣固定，松紧可以通过卡扣处调整。第一盒体115可以设置无锁弹簧按键，下肢检测装置110在被佩戴上时自动压紧开关按键（即无锁弹簧按键），下肢检测装置110开机，第一惯性传感器112和第二惯性传感器113分别开始实时采集用户大腿和用户小腿的角度以及加速度信息。

[0054] 可选地，本实施例提供的步态分析系统100包括多个下肢检测装置110，例如步态分析系统100包括2个下肢检测装置110，分别固定于用户的左右腿，并分别获取用户左右腿膝关节的运动信息，并分别利用各自的第一ZigBee通信模组111将膝关节运动信息发送出去。

[0055] 在一个具体实施方式中，继续参阅图1，足底检测装置120包括至少一个足底压力传感器（图未示）以及至少一个单片机（图未示）。其中，至少一个足底压力传感器连接第二zigbee通信模组121，用于采集足底压力信息。至少一个单片机连接至少一个足底压力传感器以及第二zigbee通信模组121，用于接收足底压力信息计算足底压力值，并通过第二zigbee通信模组121将足底压力值发送出去。

[0056] 可选地，本实施例提供的步态分析系统100包括多个足底检测装置120，例如步态分析系统100包括2个足底检测装置120，分别固定于用户的左右脚，并分别获

取用户左右脚的足底压力信息，并分别利用各自的第二ZigBee通信模组121将足底压力信息发送出去。

[0057] 事实上，足底检测装置120的工作原理是：

[0058] 当人体站立在多个足底压力传感器的上时，因重力作用会产生不同的向下的作用力，向下的作用力在足底压力传感器上产生压力信号，足底压力传感器按照一定的规律将足底压力信号转换成可用的电信号并输出，并通过预置的单片机的该电信号进行处理，获取对应足底压力传感器的压力数值。通过第二ZigBee通信模组121将压力数值发送出去，而处理装置130则可通过后期对压力数据的分析比较，判断人体是否进入支撑模式或者摆动模式。

[0059] 在一个具体实施方式中，参阅图1和图4，图4是图1中足底检测装置一实施方式的结构示意图，如图所示，足底检测装置120包括三个足底压力传感器，即第一足底压力传感器122、第二足底压力传感器123以及第三足底压力传感器124，足底检测装置120包括第二单片机125，第一足底压力传感器122、第二足底压力传感器123以及第三足底压力传感器124均通过第二单片机125连接第二zigbee通信模组121。

[0060] 可选地，参阅图5和图6，图5是第一足底压力传感器、第二足底压力传感器以及第三足底压力传感器的设置位置一实施方式的俯视示意图，图6是第一足底压力传感器、第二足底压力传感器以及第三足底压力传感器的设置位置一实施方式的侧视示意图，如图5和图6所示，三个足底压力传感器分别对应前脚掌两侧和脚后跟设置，并分别用于感应前脚掌两侧和脚后跟的压力信号。具体地，第一足底压力传感器122对应设置于前脚掌的小拇指的一侧，第二足底压力传感器123对应设置于前脚掌的大拇指的一侧（图6未示），第三足底压力传感器124对应设置于脚后跟处。在本实施例中，由于前脚掌两侧和脚后跟为着力点，对于用户步态特征具有一定的代表性，因此对用户的前脚掌两侧和脚后跟的压力信号进行采集，能够得到更加精确的足底压力信息，进而能够更加精确地对用户的步态进行分析。

[0061] 可选地，第一足底压力传感器122、第二足底压力传感器123以及第三足底压力传感器124为薄膜压力传感器或者柔性薄膜压力传感器，其中，柔性薄膜压力传

传感器的量程为50kg。可选地，第一足底压力传感器122、第二足底压力传感器123以及第三足底压力传感器124还可以包括信号放大处理电路和/或滤波电路等，使得采集的足底压力信号更加精确。

[0062] 在一个具体应用场景中，请继续参阅图1，足底检测装置表现为足底检测鞋，用户通过穿脱该足底检测鞋以佩戴或取下足底检测装置120。具体地，至少一个足底压力传感器可以设置于鞋底靠近足底处，例如当足底检测鞋包括3个足底压力传感器时，将其分别对应设置于鞋底靠近用户前脚掌两侧和脚后跟处，以方便检测用户前脚掌两侧和脚后跟处的压力信号。可选地，用鞋底胶密封至少一个足底压力传感器，以达到防水防磨碎的目的，并且不影响使用者的正常行走体验。

[0063] 可选地，至少一个足底压力传感器通过薄膜电线连接拖鞋上方对应用户脚背设置的胶带，设置该胶带略粗于正常鞋的胶带，其内部用于部署至少一个单片机、第二ZigBee通信模, 121以及电池。用户在穿戴该压力检测鞋时，压力检测鞋鞋底的足底压力传感器实时采集人体的足底压力信号，并通过薄膜电线将足底压力信号传输至单片机，单片机将足底压力信号进行处理以得到足底压力值，并通过第二ZigBee通信模组121发送至处理装置130。这种设置方式不会有任何裸漏的电线，不影响用户的使用体验。

[0064] 在本实施例中，处理装置130可以是移动手机、电脑、平板、服务器等具有数据处理能力的上位机。可选地，处理装置130要获取下肢检测装置110和足底检测装置120发送的膝关节运动信息和足底压力信息，需要设置ZigBee通信模组。可选地，处理装置130可以包括显示模组（图未示），用于在对用户进行步态分析之后，将得到的结论显示于显示面板上以供用户查看。

[0065] 为了使本申请提供的步态分析系统有更大的使用范围，即使步态分析系统能够包括更多种类的处理装置，本申请发明人提供的步态分析系统也可以包括没有设置ZigBee通信模组的处理装置。具体地，参阅图7，图7是本申请提供的步态分析系统另一实施方式的结构示意图，如图7所示，步态分析系统100包括下肢检测装置110、足底检测装置120、数据传输装置140以及处理装置130。

[0066] 其中，下肢检测装置110固定于人体下肢，用于获取膝关节运动信息，下肢检

测装置110包括第一zigbee通信模组111，用于将膝关节运动信息发送出去。足底检测装置120固定于人体足底，用于获取足底压力信息，足底检测装置包括第二zigbee通信模组121，用于将足底压力信息发送出去。数据传输装置140用于获取膝关节运动信息和足底压力信息，并将膝关节运动信息和足底压力信息发送出去，数据传输装置140包括第三zigbee通信模组141。处理装置130用于根据膝关节运动信息和足底压力信息对人体进行步态分析。

[0067] 在本实施例中，下肢检测装置110和足底检测装置120通过ZigBee无线网络连接数据传输装置140，数据传输装置140通过除ZigBee无线网络的其他方式连接处理装置130。

[0068] 在本实施例中，数据传输装置140还可以包括蓝牙模组、无线WiFi模组等。数据传输装置140也可以通过有线的方式与处理装置130连接。例如，数据传输装置140包括蓝牙模组时，显然，此时处理装置130包括对应的一个蓝牙模组，数据传输装置140利用第三zigbee通信模组141从下肢检测装置110和足底检测装置120获取膝关节运动信息和足底压力信息，并利用蓝牙模组将膝关节运动信息和足底压力信息发送至处理装置130。

[0069] 本实施例提供的步态分析系统设置有数据传输装置140，该数据传输装置140作为下肢检测装置110、足底检测装置120以及处理装置130传输数据的枢纽，也即用于获取下肢检测装置110和足底检测装置120获取的膝关节运动信息和足底压力信息，并将膝关节运动信息和足底压力信息发送至处理装置130。通过这种方式，使得本实施例提供的步态分析系统100能够有更大的适用范围。

[0070] 可选地，可以在处理装置130安装中科院的下肢康复软件，该下肢康复软件首先将显示用户膝关节的相对角度、加速度数值，其次显示足底压力数值，最后将这些数值进行后台计算，通过数值拟合出步态模型并显示用户实时行走步态模型，下肢康复软件设置了步态评估阈值，一旦步态情况较为恶劣，则发出通知，指导医生或其他监护者分析其步态特征并指导康复。

[0071] 可选地，该下肢康复软件还可以将用户的步态数据上传到位于中科院深圳先进院的专用康复系统服务器，在该服务器上将储存多个用户的步态特征，建立步态特征库，并结合良中差以及地区分布情况生成下肢康复地图，以供参考，同

时管理者可以通过查看用户的档案（包括了下肢康复进程，用户信息等），了解当前康复状况，实现面向趋势分析的群组管理、大数据分析，以及面向个人的档案管理，康复进度管理等。

[0072] 综上，本实施例提供的步态分析系统由于下肢检测装置和足底检测装置分别包括ZigBee通信模组，因此在检测到膝关节运动信息和足底压力信息之后，可以基于各自的ZigBee通信模组将信息发送出去，进而使得处理装置能够通过ZigBee无线通信的方式获取膝关节运动信息和足底压力信息。因此，本申请方案通过ZigBee无线通信的方式将获取的膝关节运动信息和足底压力信息发送至处理装置，能够避免现有技术中通过有线传输方式带来的布线复杂的缺点，另外，由于ZigBee无线通信技术的低功耗的特点，本方案能够降低步态分析系统的功耗和成本。

[0073] 在本申请所提供的几个实施方式中，应该理解到，所揭露的方法以及设备，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的设备实施方式仅仅是示意性的，例如，上述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。

[0074] 上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单元来实现本实施方式方案的目的。

[0075] 另外，在本申请各个实施方式中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0076] 以上仅为本申请的实施方式，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请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，均同理包括在本申请的专利保护范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种步态分析系统，其特征在于，所述步态分析系统包括：
- 下肢检测装置，固定于人体下肢，用于获取膝关节运动信息，所述下肢检测装置包括第一zigbee通信模组，用于将所述膝关节运动信息发送出去；
- 足底检测装置，固定于人体足底，用于获取足底压力信息，所述足底检测装置包括第二zigbee通信模组，用于将所述足底压力信息发送出去；
- 处理装置，用于获取所述膝关节运动信息和所述足底压力信息，并根据所述膝关节运动信息和所述足底压力信息对人体进行步态分析。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的步态分析系统，其特征在于，
- 所述膝关节运动信息包括所述膝关节的角度与加速度。
- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的步态分析系统，其特征在于，
- 所述下肢检测装置还包括：
- 至少一个惯性传感器，与所述第一ZigBee通信模组连接，用于采集所述膝关节的角度与加速度。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的步态分析系统，其特征在于，
- 所述下肢检测装置包括：
- 第一惯性传感器，用于采集大腿的角度和加速度；
- 第二惯性传感器，用于采集小腿的角度和加速度；
- 第一单片机，连接所述第一惯性传感器和所述第二惯性传感器以及所述第一ZigBee通信模组，用于基于所述大腿的角度和加速度、所述小腿的角度和加速度，计算得到所述膝关节的相对加速度和相对角度并通过所述第一ZigBee通信模组发送出去。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的步态分析系统，其特征在于，
- 所述第一单片机用于计算所述大腿的角度和所述小腿的角度之差，得到所述膝关节的相对角度，计算所述大腿的加速度和所述小腿的加速度之差，得到所述膝关节的相对加速度。

- [权利要求 6] 根据权利要求4所述的步态分析系统，其特征在于，
所述下肢检测装置包括：
第一盒体，用于放置所述第一惯性传感器、所述第一单片机以及所述第一ZigBee通信模组，所述第一盒体设置于所述大腿靠近所述膝关节的一侧；
第二盒体，用于放置所述第二惯性传感器，所述第二盒体设置于所述小腿靠近所述膝关节的一侧。
- [权利要求 7] 根据权利要求3所述的步态分析系统，其特征在于，
所述惯性传感器为九轴传感器。
- [权利要求 8] 根据权利要求1所述的步态分析系统，其特征在于，
所述足底检测装置包括：
至少一个足底压力传感器，连接所述第二zigbee通信模组，用于采集所述足底压力信息；
至少一个单片机，连接所述至少一个足底压力传感器以及所述第二zigbee通信模组，用于接收所述足底压力信息计算足底压力值，并通过所述第二zigbee通信模组将所述足底压力值发送出去。
- [权利要求 9] 根据权利要求8所述的步态分析系统，其特征在于，
所述足底检测装置包括三个所述足底压力传感器，三个所述足底压力传感器均连接所述第二zigbee通信模组；
其中，三个所述足底压力传感器分别对应前脚掌两侧和脚后跟设置，并分别用于感应所述前脚掌两侧和所述脚后跟的压力信号。
- [权利要求 10] 根据权利要求8所述的步态分析系统，其特征在于，
所述足底压力传感器为薄膜压力传感器。

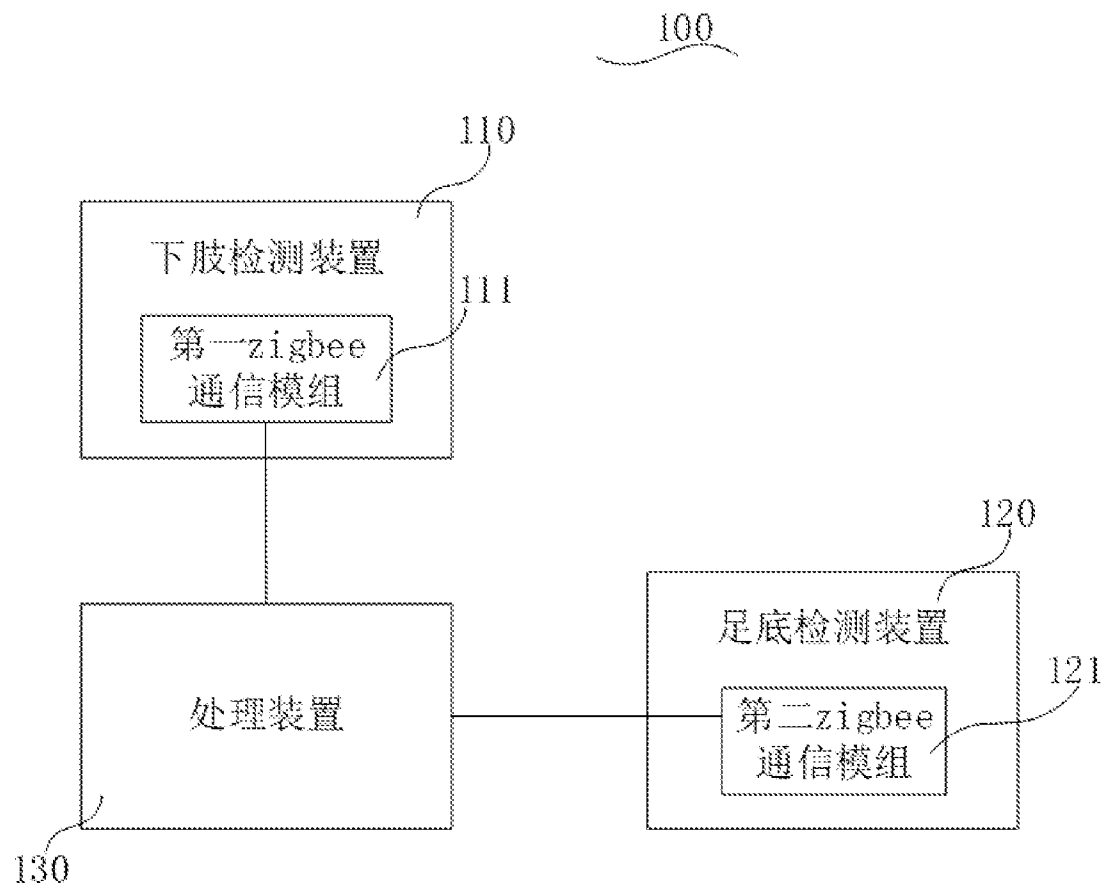


图 1

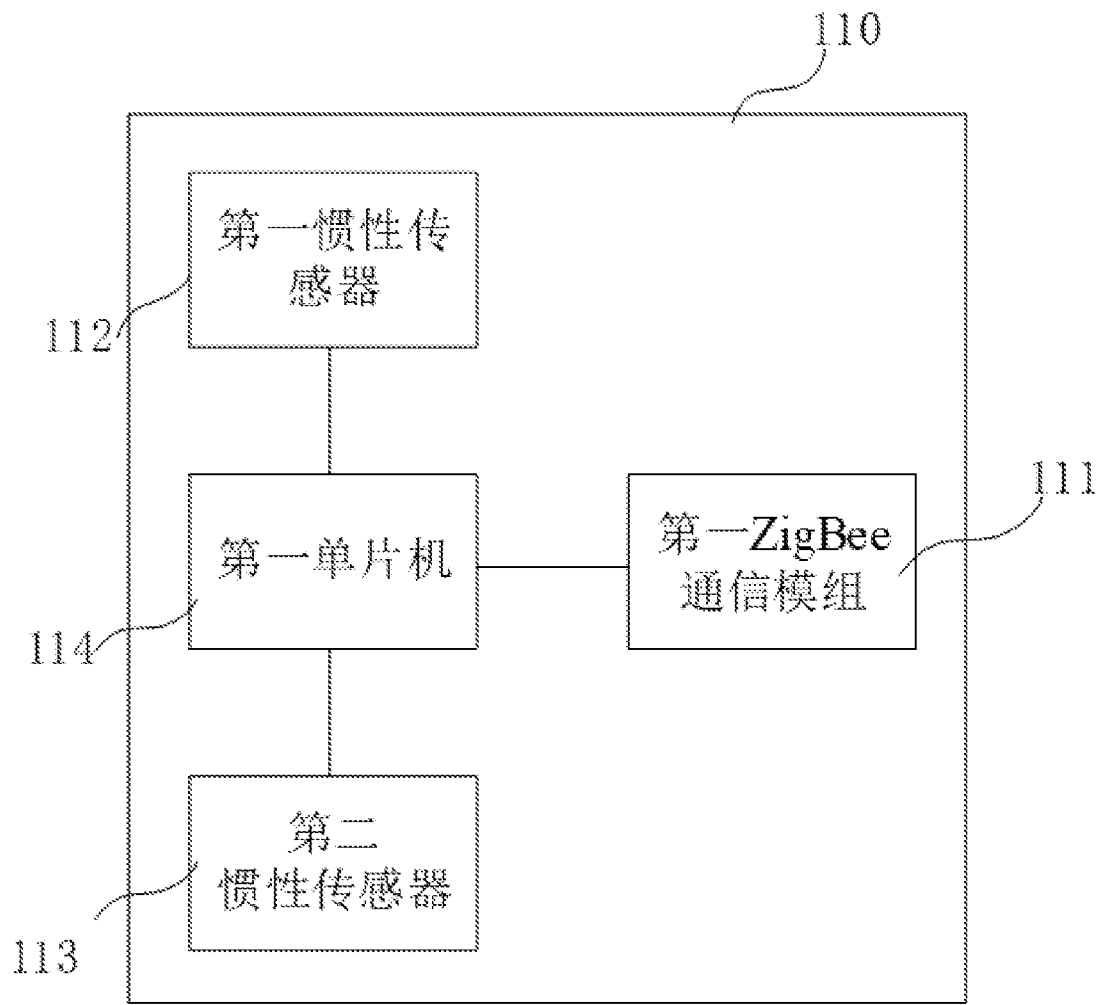


图 2

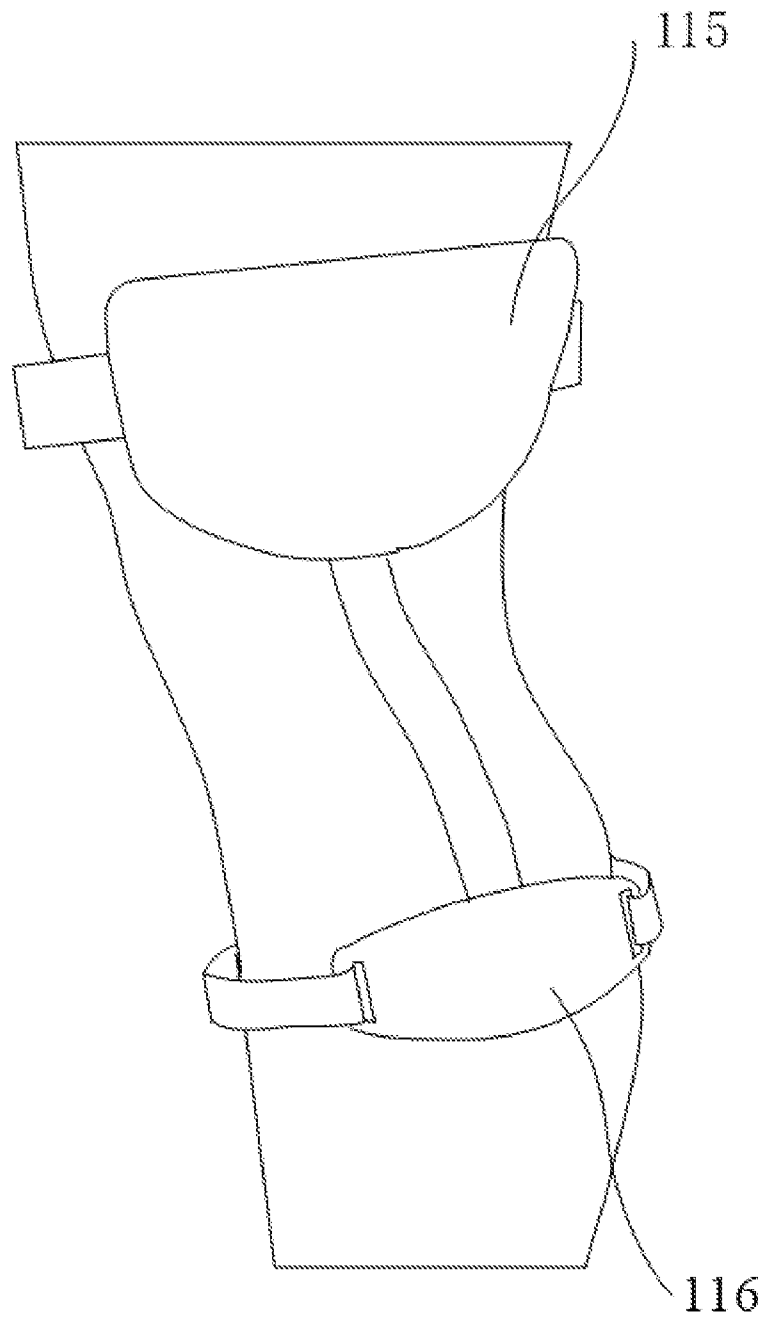


图 3

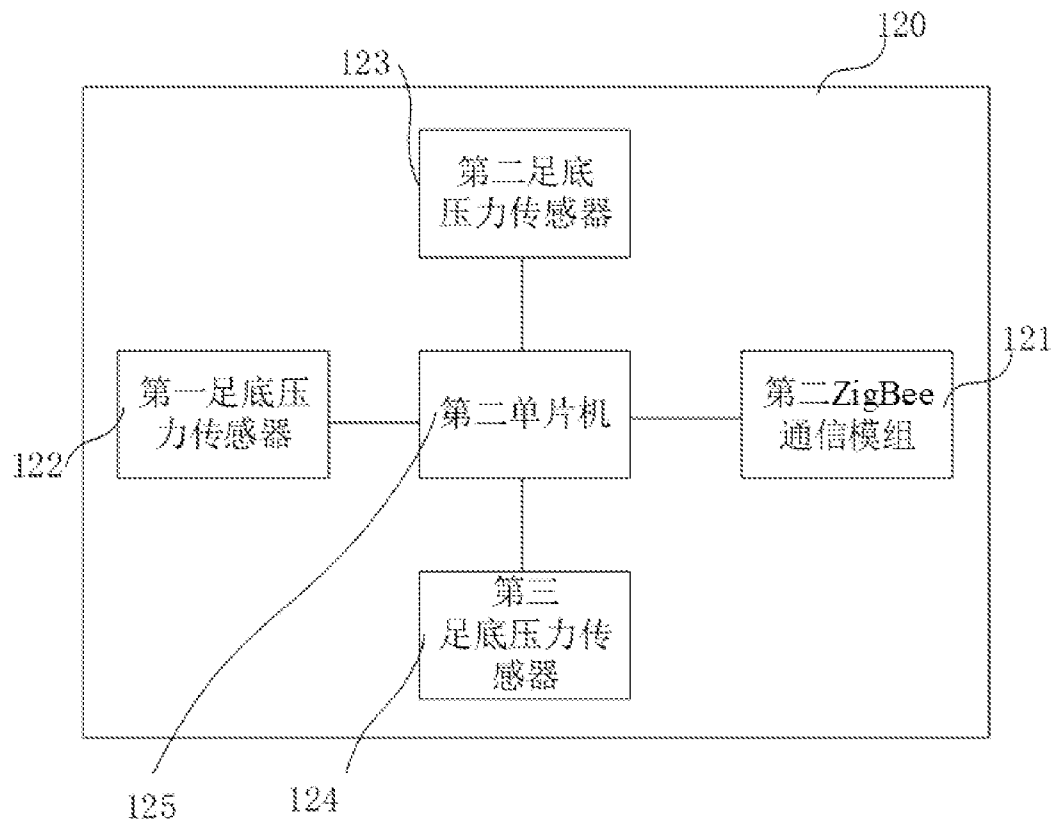


图 4

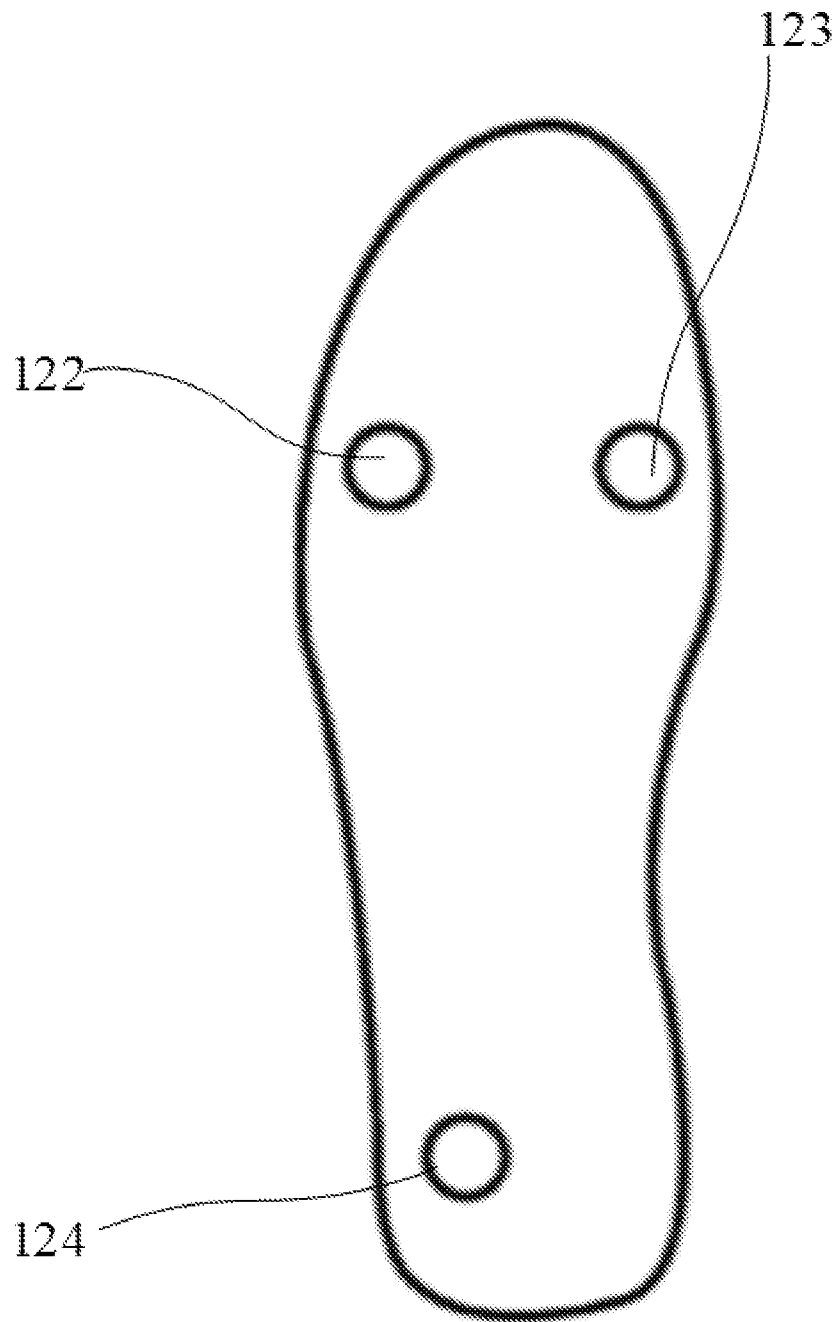


图 5

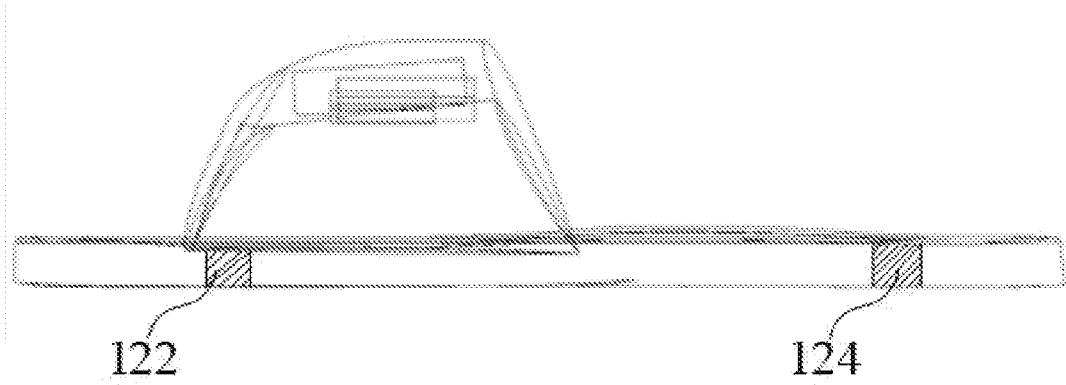


图 6

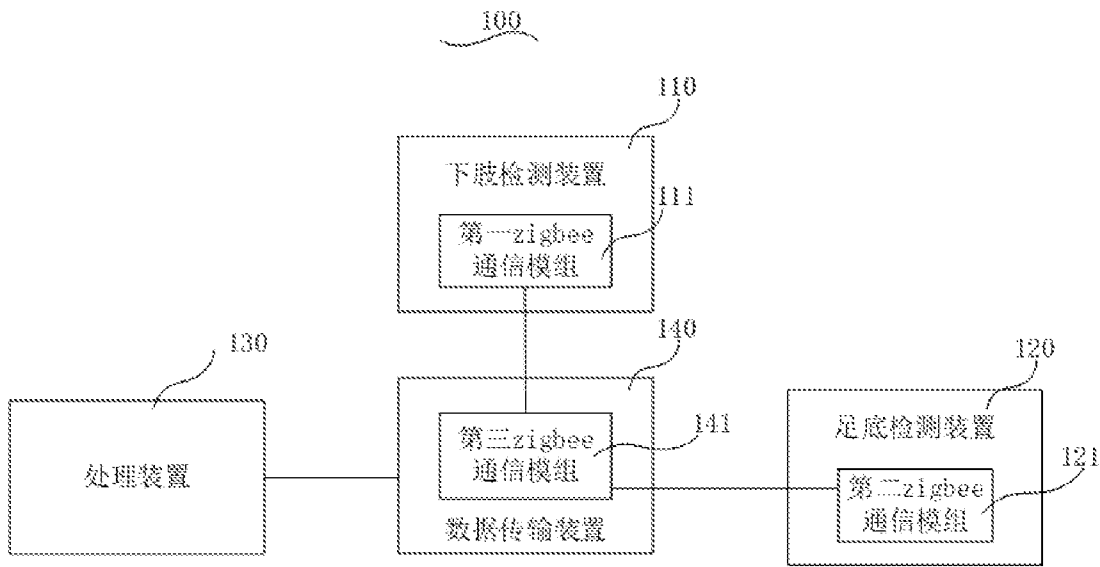


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/137704

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/00(2006.01)i; A61B 5/11(2006.01)n

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

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 下肢, 膝关节, zigbee, 通信, 足底, 足底压力, 步态分析, lower limbs, knee joints, communication, plantar, plantar pressure, gait analysis

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113288121 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 24 August 2021 (2021-08-24) description, paragraphs 1-41, and figures 1-6	1-10
X	CN 108095729 A (GYENNO TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 01 June 2018 (2018-06-01) description, paragraphs 1-72, and figures 1-7	1-10
A	CN 209574702 U (SHANGHAI MOVE ROBOTICS TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 November 2019 (2019-11-05) entire document	1-10
A	CN 108338790 A (CAPITAL UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES) 31 July 2018 (2018-07-31) entire document	1-10
A	CN 108013878 A (BEIHANG UNIVERSITY) 11 May 2018 (2018-05-11) entire document	1-10
A	CN 103514302 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 15 January 2014 (2014-01-15) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2022

Date of mailing of the international search report

01 March 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/137704**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4631676 A (PUGH, J. W.) 23 December 1986 (1986-12-23) entire document	1-10
A	JP 2011177278 A (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 15 September 2011 (2011-09-15) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/137704

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113288121	A	24 August 2021	None			
CN	108095729	A	01 June 2018	None			
CN	209574702	U	05 November 2019	CN	108992071	A	14 December 2018
CN	108338790	A	31 July 2018	CN	108338790	B	18 September 2020
CN	108013878	A	11 May 2018	None			
CN	103514302	A	15 January 2014	None			
US	4631676	A	23 December 1986	None			
JP	2011177278	A	15 September 2011	JP	5607952	B2	15 October 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/137704

A. 主题的分类 A61B 5/00(2006.01)i; A61B 5/11(2006.01)n 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) A61B 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)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC:下肢, 膝关节, zigbee, 通信, 足底, 足底压力, 步态分析, lower limbs, knee joints, communication, plantar, plantar pressure, gait analysis																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113288121 A (深圳先进技术研究院) 2021年8月24日 (2021 - 08 - 24) 说明书第1-41段、附图1-6</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108095729 A (深圳市臻络科技有限公司 等) 2018年6月1日 (2018 - 06 - 01) 说明书第1-72段、附图1-7</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 209574702 U (上海博灵机器人科技有限责任公司) 2019年11月5日 (2019 - 11 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108338790 A (首都医科大学) 2018年7月31日 (2018 - 07 - 31) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108013878 A (北京航空航天大学) 2018年5月11日 (2018 - 05 - 11) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103514302 A (深圳先进技术研究院) 2014年1月15日 (2014 - 01 - 15) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 4631676 A (PUGH, James W.) 1986年12月23日 (1986 - 12 - 23) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 113288121 A (深圳先进技术研究院) 2021年8月24日 (2021 - 08 - 24) 说明书第1-41段、附图1-6	1-10	X	CN 108095729 A (深圳市臻络科技有限公司 等) 2018年6月1日 (2018 - 06 - 01) 说明书第1-72段、附图1-7	1-10	A	CN 209574702 U (上海博灵机器人科技有限责任公司) 2019年11月5日 (2019 - 11 - 05) 全文	1-10	A	CN 108338790 A (首都医科大学) 2018年7月31日 (2018 - 07 - 31) 全文	1-10	A	CN 108013878 A (北京航空航天大学) 2018年5月11日 (2018 - 05 - 11) 全文	1-10	A	CN 103514302 A (深圳先进技术研究院) 2014年1月15日 (2014 - 01 - 15) 全文	1-10	A	US 4631676 A (PUGH, James W.) 1986年12月23日 (1986 - 12 - 23) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 113288121 A (深圳先进技术研究院) 2021年8月24日 (2021 - 08 - 24) 说明书第1-41段、附图1-6	1-10																								
X	CN 108095729 A (深圳市臻络科技有限公司 等) 2018年6月1日 (2018 - 06 - 01) 说明书第1-72段、附图1-7	1-10																								
A	CN 209574702 U (上海博灵机器人科技有限责任公司) 2019年11月5日 (2019 - 11 - 05) 全文	1-10																								
A	CN 108338790 A (首都医科大学) 2018年7月31日 (2018 - 07 - 31) 全文	1-10																								
A	CN 108013878 A (北京航空航天大学) 2018年5月11日 (2018 - 05 - 11) 全文	1-10																								
A	CN 103514302 A (深圳先进技术研究院) 2014年1月15日 (2014 - 01 - 15) 全文	1-10																								
A	US 4631676 A (PUGH, James W.) 1986年12月23日 (1986 - 12 - 23) 全文	1-10																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																						
* 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		国际检索报告邮寄日期																								
2022年1月29日		2022年3月1日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																								
中国国家知识产权局(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		刘博 电话号码 86-(10)-53962619																								

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	JP 2011177278 A (TOKYO INST. TECHNOLOGY NAT. UNIV. CORP.) 2011年9月15日 (2011 - 09 - 15) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/137704

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	113288121	A	2021年8月24日	无	
CN	108095729	A	2018年6月1日	无	
CN	209574702	U	2019年11月5日	CN	108992071 A 2018年12月14日
CN	108338790	A	2018年7月31日	CN	108338790 B 2020年9月18日
CN	108013878	A	2018年5月11日	无	
CN	103514302	A	2014年1月15日	无	
US	4631676	A	1986年12月23日	无	
JP	2011177278	A	2011年9月15日	JP	5607952 B2 2014年10月15日