



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113242527 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 16

(21) 申请号 202110534203.9

H04W 84/18 (2009.01)

(22) 申请日 2021.05.17

H04L 5/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113242527 A

(56) 对比文件

CN 106662448 A, 2017.05.10

WO 2016187757 A1, 2016.12.01

(43) 申请公布日 2021.08.10

审查员 杨露

(73) 专利权人 张衡

地址 400715 重庆市北碚区学苑小区1-18-3

专利权人 刘敬伟

(72) 发明人 张衡 刘敬伟

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 张春辉

(51) Int. Cl.

H04W 4/38 (2018.01)

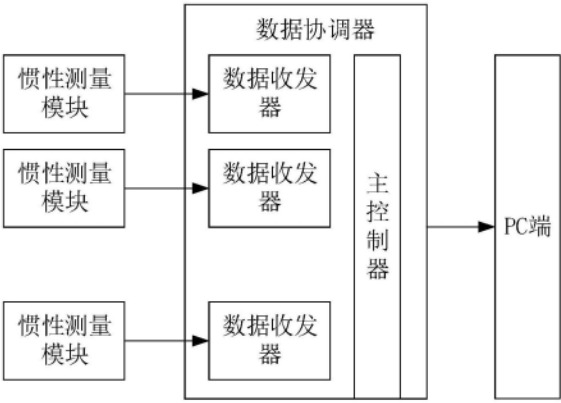
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统

(57) 摘要

本申请公开了一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统,包括多个惯性测量模块、数据协调器和PC端。惯性测量模块和数据协调器之间采用点对点组网方式,每个惯性测量模块和数据协调器中相应的数据收发器进行点对点传输数据,每对惯性测量模块和数据收发器通信独享一个无线通信信道,各个数据收发器都拥有自己的传输频点,互不影响,有效避免相邻信道的信号串扰,保证了通信系统的实时性和可靠性。此外,在系统上电时,首先对数据协调器和每个惯性测量模块进行时间同步,在数据传输过程中,再通过数据协调器返回的携带时间信息的ACK信号对惯性测量模块的时间偏差进行补偿,有效同步各个惯性测量模块的时间,保证整个通信系统的实时性和同步性。



1. 一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,包括多个惯性测量模块、数据协调器和PC端,其中,所述数据协调器包括主控制器和多个数据收发器,所述数据收发器与所述惯性测量模块一一对应,且不同所述数据收发器的传输频点不同;

在系统上电时,所述数据协调器用于向各个所述惯性测量模块发送时间同步校准命令,以触发时间同步校准过程;在时间同步校准过程中,各个所述惯性测量模块确定传输时间和自身相较于所述数据协调器的时间偏差;

在数据传输过程中,所述惯性测量模块用于将惯性数据通过无线传输方式发送至相应的数据收发器;所述数据收发器在接收到所述惯性数据之后,用于将所述惯性数据通过SPI总线发送至所述主控制器,还用于向所述惯性测量模块反馈ACK信号,其中所述ACK信号携带所述数据收发器接收到所述惯性数据的时间信息;所述主控制器用于对接收到的惯性数据进行整合,并将整合结果发送至所述PC端;所述惯性测量模块用于根据前后两次接收到的ACK信号,对所述时间偏差进行修正;

所述数据收发器的IO引脚为输出模式,默认输出低电平;在接收到所述惯性测量模块发送的惯性数据之后,所述数据收发器的IO引脚输出高电平,触发中断服务函数以更新标志位数据,其中所述标志位数据中的每一位表示相应的数据收发器的状态;所述主控制器循环检测所述标志位数据,根据所述标志位数据从相应的数据收发器读取所述惯性数据。

2. 如权利要求1所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,所述PC端用于将控制命令经由所述数据协调器发送至所述惯性测量模块,以实现与所述惯性测量模块的控制操作。

3. 如权利要求2所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,所述控制操作包括以下任意一项或多项:启动数据采集,停止数据采集,进入校准模式,修改上传周期,修改模块ID。

4. 如权利要求1所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,所述惯性测量模块用于:将携带惯性数据的数据包通过无线传输方式发送至相应的数据收发器,等待所述数据收发器发送的ACK信号,若超过预设时间阈值未接收到所述数据收发器发送的ACK信号,则再次发送数据包至所述数据收发器,直至发送次数达到最大发送次数。

5. 如权利要求4所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,在发送次数达到所述最大发送次数时,所述惯性测量模块用于检测另一惯性测量模块的通信信道是否空闲,若空闲,则通过所述另一惯性测量模块的通信信道将数据包发送至所述数据收发器。

6. 如权利要求1所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,所述惯性测量模块包括电源管理单元、惯性传感器单元、基带加射频处理单元及外部晶振源。

7. 如权利要求6所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,所述惯性测量模块的线路板采用四层板设计方案,包括顶面信号层、中间电源层、接地层、底面信号层。

8. 如权利要求6所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在于,在所述惯性测量模块中,所述惯性传感器单元周围设置有覆铜,所述电源管理单元上表面设置有锡箔材料。

9. 如权利要求1至8任意一项所述的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,其特征在

于,还包括磁场校准上位机,所述磁场校准上位机通过USB接口连接所述数据协调器,用于采集所述惯性测量模块的磁场数据,并对所述惯性测量模块下发磁场数据补偿值。

一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统

技术领域

[0001] 本申请涉及无线通信技术领域,特别涉及一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统。

背景技术

[0002] 惯性测量是指利用惯性传感器来测量人体或其他物体动作的一种技术,这种技术具有不受场地限制、穿戴方便等优点,目前已广泛应用于体育锻炼、医疗、军事、电视电影等诸多领域。例如,人们可利用该技术实现体感运动健康系统来帮助人们进行体育锻炼,从而不受户外场地的影响依然可以进行体育锻炼,促进人们的健康。因此,设计惯性测量模块软硬件系统是具有一定的商业价值的,而要实现一套性能优越的惯性测量模块软硬件系统,需要无线传输的动作捕捉数据具有实时性和可靠性。因此,设计一个高实时性、可靠性、同步性的无线传感网络通信方法也是十分有必要的。

[0003] 现有技术公开了一种基于MEMS传感器采集加速度、角速度等姿态数据的方法。该方法中的惯性测量模块没有无线传输单元,并且体积大,功耗较高,所以不满足目前需要进行无线传输的需求。

[0004] 现有技术公开了一种基于惯性测量模块的有源RFID低功耗系统,该系统没有组建无线传感网络,也没有设计无线传感网络的通信方法,无法保证无线传感网络的实时性和可靠性。并且该系统的惯性测量模块没有做电磁屏蔽处理,惯性传感器的抗干扰能力较小,所以不能应用于当前场景中。

[0005] 现有技术公开了一种基于惯性测量模块的人体运动捕捉系统,该系统包括多个负责采集数据的惯性传感器、温度传感器、蓝牙模块、数据协调器以及数据融合模块。在该系统中,数据是通过蓝牙4.0协议连接所有的惯性测量模块,采用轮询扫描的方式实现各个惯性测量模块采集数据的上传。可以看出,在这样的通信方式中,如果惯性测量模块的数据发送率过高,很容易出现丢包等现象。并且没有做时间同步处理,惯性测量模块工作时间过长的情况下,由于时钟漂移等因素容易造成数据包混乱和发送数据冲突现象,因此不符合目前的设计需求。

[0006] 综上,如何提供一种高实时性、可靠性、同步性的无线传感网络通信方案,是亟待本领域技术人员解决的问题。

发明内容

[0007] 本申请的目的是提供一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统,用以解决目前惯性测量模块的通信方案可靠性较低,实时性较差,同步性不理想的问题。

[0008] 为解决上述技术问题,本申请提供了一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统,包括多个惯性测量模块、数据协调器和PC端,其中,所述数据协调器包括主控制器和多个数据收发器,所述数据收发器与所述惯性测量模块一一对应,且不同所述数据收发器的传输频点不同;

[0009] 在系统上电时,所述数据协调器用于向各个所述惯性测量模块发送时间同步校准命令,以触发时间同步校准过程;在时间同步校准过程中,各个所述惯性测量模块确定传输时间和自身相较于所述数据协调器的时间偏差;

[0010] 在数据传输过程中,所述惯性测量模块用于将惯性数据通过无线传输方式发送至相应的数据收发器;所述数据收发器在接收到所述惯性数据之后,用于将所述惯性数据通过SPI总线发送至所述主控制器,还用于向所述惯性测量模块反馈ACK信号,其中所述ACK信号携带所述数据收发器接收到所述惯性数据的时间信息;所述主控制器用于对接收到的惯性数据进行整合,并将整合结果发送至所述PC端;所述惯性测量模块用于根据前后两次接收到的ACK信号,对所述时间偏差进行修正。

[0011] 优选的,所述PC端用于将控制命令经由所述数据协调器发送至所述惯性测量模块,以实现所述惯性测量模块的控制操作。

[0012] 优选的,所述控制操作包括以下任意一项或多项:启动数据采集,停止数据采集,进入校准模式,修改上传周期,修改模块ID。

[0013] 优选的,所述数据收发器的I/O引脚为输出模式,默认输出低电平;在接收到所述惯性测量模块发送的惯性数据之后,所述数据收发器的I/O引脚输出高电平,触发中断服务函数以更新标志位数据,其中所述标志位数据中的每一位表示相应的数据收发器的状态;所述主控制器循环检测所述标志位数据,根据所述标志位数据从相应的数据收发器读取所述惯性数据。

[0014] 优选的,所述惯性测量模块用于:将携带惯性数据的数据包通过无线传输方式发送至相应的数据收发器,等待所述数据收发器发送的ACK信号,若超过预设时间阈值未接收到所述数据收发器发送的ACK信号,则再次发送数据包至所述数据收发器,直至发送次数达到最大发送次数。

[0015] 优选的,在发送次数达到所述最大发送次数时,所述惯性测量模块用于检测另一惯性测量模块的通信信道是否空闲,若空闲,则通过所述另一惯性测量模块的通信信道将数据包发送至所述数据收发器。

[0016] 优选的,所述惯性测量模块包括电源管理单元、惯性传感器单元、基带加射频处理单元及外部晶振源。

[0017] 优选的,所述惯性测量模块的线路板采用四层板设计方案,包括顶面信号层、中间电源层、接地层、底面信号层。

[0018] 优选的,在所述惯性测量模块中,所述惯性传感器单元周围设置有覆铜,所述电源管理单元上表面设置有锡箔材料。

[0019] 优选的,还包括磁场校准上位机,所述磁场校准上位机通过USB接口连接所述数据协调器,用于采集所述惯性测量模块的磁场数据,并对所述惯性测量模块下发磁场数据补偿值。

[0020] 本申请所提供的一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统,包括多个惯性测量模块、数据协调器和PC端,其中,数据协调器包括主控制器和多个数据收发器,数据收发器与惯性测量模块一一对应,且不同数据收发器的传输频点不同。在系统上电时,数据协调器向各个惯性测量模块发送时间同步校准命令,以触发时间同步校准过程;在时间同步校准过程中,各个惯性测量模块确定传输时间和自身相较于数据协调器的时间偏差。在数据传

输过程中,惯性测量模块用于将惯性数据通过无线传输方式发送至相应的数据收发器;数据收发器在接收到惯性数据之后,用于将惯性数据通过SPI总线发送至主控制器,还用于向惯性测量模块反馈ACK信号,其中ACK信号携带数据收发器接收到惯性数据的时间信息;主控制器用于对接收到的惯性数据进行整合,并将整合结果发送至所述PC端;惯性测量模块用于根据前后两次接收到的ACK信号,对时间偏差进行修正。

[0021] 可见,该系统中,惯性测量模块和数据协调器之间采用点对点组网方式,每个惯性测量模块和数据协调器中相应的数据收发器进行点对点传输数据,每对惯性测量模块和数据收发器通信独享一个无线通信信道,各个数据收发器都拥有自己的传输频点,互不影响,有效避免相邻信道的信号串扰,避免数据在高速传输的时候,由于信道资源不足或出现信道竞争而导致数据传输时延过高,保证了通信系统的实时性和可靠性。此外,在系统上电时,首先对数据协调器和每个惯性测量模块进行时间同步,在数据传输过程中,再通过数据协调器返回的携带时间信息的ACK信号对惯性测量模块的时间偏差进行补偿,有效同步数据协调器与各个惯性测量模块的时间,保证整个通信系统的实时性和同步性。

附图说明

[0022] 为了更清楚的说明本申请实施例或现有技术的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,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。

[0023] 图1为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例一的框图;

[0024] 图2为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的示意图;

[0025] 图3为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的数据协调器内部设计框图;

[0026] 图4为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的时间同步校准示意图;

[0027] 图5为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的时间偏差补偿示意图;

[0028] 图6为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的数据协调器的内部总线示意图;

[0029] 图7为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的惯性测量模块的硬件设计示意图;

[0030] 图8为本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二的磁场校准上位机示意图。

具体实施方式

[0031] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面结合附图和具体实施方式对本申请作进一步的详细说明。显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。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。

[0032] 传统的体育锻炼存在场地或人数的限制,使得运动爱好者们不能随时享受运动带来促进健康的效果。当前的无线传感网络一般使用蓝牙、WIFI、zigbee等无线通信技术。一般情况下,蓝牙通信方案中主设备最多连接七个从设备,在组网能力方面有所不足。WIFI无线网络信道虽然有13个,但非重叠的信道只有1、6、11(或13)这三个,也就是说两者信道的选择会有重叠部分,因此在实时性、稳定性等方面还需要改进,且WIFI设备的功耗较高。Zigbee虽然功耗低,组网能力也不差,但是传输速率过慢,不符合当前场景的需求。

[0033] 针对上述问题,本申请提供一种基于无线体感惯性测量模块的通信系统,该系统中,惯性测量模块可以捕捉全身的姿态运动信息,得到惯性数据,并将惯性数据通过无线传输至数据协调器,最终发送至PC端。其中,惯性测量模块和数据协调器内部的数据收发器之间采用点对点组网方式,每对惯性测量模块和数据收发器通信独享一个无线通信信道,各个数据收发器都拥有自己的传输频点,互不影响,有效避免相邻信道的信号串扰,还避免信道资源不足或出现信道竞争的情况,保证了通信系统的实时性和可靠性。在体育运动的场景下,该系统使得运动爱好者可以在室内就可以完成自己的运动目标,从而促进人们的身体健康。

[0034] 下面对本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例一进行介绍,参见图1,实施例一包括:多个惯性测量模块、数据协调器和PC端,其中,数据协调器包括主控制器和多个数据收发器,数据收发器与所述惯性测量模块一一对应,且不同数据收发器的传输频点不同。

[0035] 在系统上电时,数据协调器用于向各个惯性测量模块发送时间同步校准命令,以触发时间同步校准过程;在时间同步校准过程中,各个惯性测量模块确定传输时间和自身相较于数据协调器的时间偏差。

[0036] 在数据传输过程中,惯性测量模块用于将惯性数据通过无线传输方式发送至相应的数据收发器;数据收发器在接收到惯性数据之后,用于将惯性数据通过SPI总线发送至主控制器,还用于向惯性测量模块反馈ACK信号,其中ACK信号携带数据收发器接收到惯性数据的时间信息;主控制器用于对接收到的惯性数据进行整合,并将整合结果发送至PC端;惯性测量模块用于根据前后两次接收到的ACK信号,对时间偏差进行修正。

[0037] 除此之外,PC端用于将控制命令经由数据协调器发送至惯性测量模块,以实现对于惯性测量模块的控制操作。在实际应用中,上述控制操作包括以下任意一项或多项:启动数据采集,停止数据采集,进入校准模式,修改上传周期,修改模块ID。

[0038] 为避免丢包问题,作为一种具体的实施方式,惯性测量模块将携带惯性数据的数据包通过无线传输方式发送至相应的数据收发器,之后等待数据收发器发送的ACK信号,若超过预设时间阈值未接收到数据收发器发送的ACK信号,则再次发送该数据包至数据收发器,直至发送次数达到最大发送次数。

[0039] 具体的,在发送次数达到上述最大发送次数后,若依然没有接收到数据收发器发送的ACK信号,则表明当前的惯性测量模块与数据收发器之间的通信信道出现问题,此时,惯性测量模块可以检测另一惯性测量模块的通信信道是否空闲,若空闲,则通过另一惯性测量模块的通信信道将数据包发送至数据收发器。例如,假设惯性测量模块1与数据收发器1对应,惯性测量模块2与数据收发器2对应,在惯性测量模块1与数据收发器1之间的通信出现问题时,惯性测量模块1可以暂时利用惯性测量模块2与数据收发器2之间的通信信道,将

数据包发送至数据收发器1。

[0040] 作为一种优选的实施方式,本实施例还可以包括磁场校准上位机。磁场校准上位机通过USB接口连接数据协调器,用于采集惯性测量模块的磁场数据,并对惯性测量模块下发磁场数据补偿值。

[0041] 本实施例所提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,包括多个惯性测量模块、数据协调器和PC端。该系统中,惯性测量模块和数据协调器之间采用点对点组网方式,每个惯性测量模块和数据协调器中相应的数据收发器进行点对点传输数据,每对惯性测量模块和数据收发器通信独享一个无线通信信道,各个数据收发器都拥有自己的传输频点,互不影响,有效避免相邻信道的信号串扰,避免数据在高速传输的时候,由于信道资源不足或出现信道竞争而导致数据传输时延过高,保证了通信系统的实时性和可靠性。此外,在系统上电时,首先对数据协调器和每个惯性测量模块进行时间同步,在数据传输过程中,再通过数据协调器返回的携带时间信息的ACK信号对惯性测量模块的时间偏差进行补偿,有效同步数据协调器与各个惯性测量模块的时间,保证整个通信系统的实时性和同步性。

[0042] 下面开始详细介绍本申请提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统实施例二,实施例二基于前述实施例一实现,并在实施例一的基础上进行了一定程度上的拓展。具体的,实施例二对时间同步校准的过程进行了详细说明,还对惯性测量模块的硬件结构以及软件设计进行了介绍。

[0043] 如图2和图3所示,本实施例提供的基于无线体感惯性测量模块的通信系统,包括多个惯性测量模块、数据协调器和PC端。其中,惯性测量模块通过2.4G无线传输方式将惯性数据或状态信息发送给数据协调器,数据协调器中的2.4G数据收发器接收到数据后,通过SPI总线方式将数据发送到主控制器,主控制器整合数据后通过USB接口上传到PC电脑。PC电脑也可通过上位机软件下发命令给数据协调器,从而下发命令到指定的惯性测量模块,完成对惯性测量模块的控制操作,例如参数修改或查看,这样便得到既可上传数据到PC电脑又可下发命令控制惯性测量模块的无线传感网络。

[0044] 下面分五个部分对基于无线体感惯性测量模块的通信系统进行介绍:惯性测量模块与数据协调器的通信,数据收发器与主控制器的通信,惯性测量模块的硬件设计,惯性测量模块的软件设计,惯性测量模块的磁场校准过程。

[0045] 第一部分,惯性测量模块与数据协调器的通信。

[0046] 本实施例中,惯性测量模块和数据协调器之间采用基于2.4G有源RFID收发器的点对点组网方式,每个惯性测量模块和数据协调器中相应的2.4G数据收发器进行点对点的传输数据。每个数据收发器都拥有自己的传输频点,互不影响。每对惯性测量模块和数据收发器独享一个无线通信信道,共14个信道,每个信道带宽2MHZ。为了避免相邻信道的信号串扰,以及更好规避WIFI信道重叠,每个信道采用固定的频点进行传输,这些频点分别为:2402MHZ,2405MHZ,2408MHZ,2489MHZ,2492MHZ,2495MHZ,2498MHZ,2501MHZ,2504MHZ,2507MHZ,2510MHZ,2513MHZ,2518MHZ,2523MHZ。这样可以避免数据在高速传输的时候,由于信道资源不足或出现信道竞争而导致数据传输时延过高,提高无线传感网络中的实时性和可靠性。可以理解的是,实际应用中,以上信道数量、信道带宽、传输频点可以依据实际应用场景自行设置或调整,本实施例对此不做限制。

[0047] 数据协调器中的2.4G数据收发器每收到一个数据包都会回复一个ACK信号。如果

惯性测量模块发送数据包后,在一定时间内没有收到ACK信号,将会重新发送数据包,若连续十次发送都没有成功,该惯性测量模块将检测其他惯性测量模块通信信道是否空闲,如果信道空闲就使用此信道发送数据包,直到成功。从而避免2.4G无线传输的丢包现象,大大提升了无线传感网络的可靠性。

[0048] 为了提高无线传感器网络的实时性,同步惯性测量模块的时间,避免由于时钟漂移使得各个惯性测量模块的时间紊乱。本实施例使用基于TPSN的同步时间算法,首先对数据协调器和每个惯性测量模块进行时间同步,再通过数据协调器返回的携带时间信息的ACK信号对惯性测量模块进行补偿。具体过程如下:

[0049] 在无线传感网络上电之后,数据协调器向惯性测量模块发送时间同步校准命令,惯性测量模块经过 δ 时间后收到该命令,并在 T_1 时刻向数据协调器发送携带时间信息 T_1 的数据包1。在 T_2 时刻,数据协调收发器收到数据包1,并在 T_3 时刻发送数据包2给惯性测量模块,数据包2中包含了 T_1, T_2, T_3 信息。在 T_4 时刻,惯性测量模块收到数据包2。其过程图4所示, $T_2 - T_1 = \delta + d$, $T_4 - T_3 = d - \delta$, 其中 δ 是惯性测量模块与数据收发器之间时间偏差, d 是时间同步脉冲包的传播时延。所以, 时间偏差 $\delta = [(T_2 - T_1) - (T_4 - T_3)] / 2$, 传输时间 $d = [(T_2 - T_1) + (T_4 - T_3)] / 2$ 。得到 δ 和 d 后, 惯性测量模块便可以推算出数据协调器的时间信息 $V_{\text{coordinatorTime}} = \text{Tick} + \delta + d$, 其中 Tick 是惯性测量模块的当前时间。同理, 其他惯性测量模块依次操作, 都可以分别得到自己的 δ 和 d , 得到的 δ 和 d 这两个参数就可以分别补偿自己发送数据包定时器, 达到同步效果。

[0050] 无线传感网络传输工作中, 由于惯性测量模块自身晶振有漂移, 随着时间增大漂移越大, δ 值也就不足以补偿这个漂移值。所以需要数据协调器每次收到数据包后返回ACK信号, ACK信号里面携带了数据协调器收到数据包时刻的时间信息, 根据ACK信号对 δ 值进行补偿。具体过程如图5所示, 数据协调器配置为接收模式时刻装载ACK数据 ack , 惯性测量模块发送数据包1, 数据协调器收到该数据包同时记录当前时间 t_0 , 并对惯性测量模块返回ACK数据 ack , 再次装载ACK数据记录时间 t_0 , 等待下一个数据包到来; 惯性测量模块发送数据包2, 数据协调器收到该数据包同时记录当前时间 t_1 , 并对惯性测量模块返回ACK数据 t_0 , 并装载ACK数据 t_1 ; 惯性测量模块得到协调器的时间信息 t_0 , 减去传播时延 d 后, 再与数据包发送时刻 $V_{\text{coordinatorTime}}$ 相减得到 diff , 最后更新 $\delta = \delta + \text{diff}$ 。

[0051] 第二部分, 数据收发器与主控制器的通信。

[0052] 2.4G数据收发器与主控制器间的通信采用的是有线SPI总线模式, SPI接口共有四条线: MISO 、 MOSI 、 CLK 、 CS , 如图6所示。MCU作为主机, 2.4G收发器做为从机, 一个MCU挂载了15个2.4G收发器从机。

[0053] 为了提高MCU对2.4G收发器从机的响应速率, 每一个2.4G收发器从机有一根普通IO引脚和MCU的IO引脚相连。从机的IO引脚配置为输出模式, 一般状态输出低电平, 与之相连的MCU引脚配置为外部中断输入模式。每当2.4G收发器从机收到惯性测量模块的数据包时, 上述从机的IO引脚将输出高电平, 那么, MCU就进入中断服务函数。在此函数中, 将会改变数据 IfDatFlg 的值。 IfDatFlg 是一个无符号整型的32位数据, 在此数据中每一位都代表了2.4G收发器从机的状态。 IfDatFlg 相应位置1表示相应收发器从机收到数据, 提醒MCU读取数据。MCU不断判断 IfDatFlg 是否为0, 来判断是否有收发器收到数据包, 从而及时读取数据, 满足实时性和可靠性的要求。

[0054] 第三部分,惯性测量模块的硬件设计。

[0055] 如图7所示,惯性测量模块包括电源管理单元、惯性传感器单元、基带加射频处理单元、外部晶振源。其中电源管理单元位于线路板底层,姿态数据采集单元、基带和射频处理单元、外部晶振源位于线路板顶层。

[0056] 在高速线路板设计中,为了避免线路板内外电磁信号对姿态数据采集单元的干扰,并保证硬件系统信号更加稳定,本实施例的节点线路板设计采用四层板设计方案,包括顶面信号层、中间电源层和接地层、底面信号层。并且,在惯性传感器周围做覆铜处理,在姿态数据采集单元和锂电池上面使用锡箔材料进行隔绝处理,以此提高MPU9250芯片的电磁干扰能力。

[0057] 基带和射频处理单元是整个惯性测量模块的核心,主要由NORDIC公司的NRF24L01P芯片以及MCU组成。NRF24L01P一款2.4G收发器的芯片,集成了嵌入式基带协议引擎(增强型shockBurst),NRF24L01P支持250kbps、1Mbps、2Mbps的空中速率,适合超低功率无线应用,具有优良的无线接收灵敏度和抗干扰性,实际应用中也可以选用其他合适的芯片。通过串行外围接口(SPI)操作和配置NRF24L01P,NRF24L01P配置寄存器在所有操作模式下可以被访问。为了保证模块的正常工作,MCU使用到了TIM2定时器、模拟I2C接口、SPI接口、ADC转换器等片上资源。其中,模拟I2C接口用于和惯性传感器单元通信,采集运动姿态数据,MCU便可以进行数据融合处理,最后封装成数据包通过射频单元发送给数据协调器。ADC用于采集锂电池的电源信息,实时监测锂电池的电量信息。SPI接口用于对NRF24L01P的配置以及数据的发送和接收。TIM2定时器用于计时并产生中断信号,当惯性测量模块开启后,每发生一次中断,MCU就发送一帧数据包给数据协调器,为了减小时钟漂移,TIM2的时钟源采用外部晶振源。

[0058] 惯性传感器单元是用来捕捉惯性测量模块运动姿态信息的。惯性传感器选用的是invense公司的MPU9250芯片,上面集成了加速度计传感器、陀螺仪传感器、磁力计传感器。加速度传感器用来捕获球拍的加速度信息,陀螺仪用来捕获球拍的角度和角速度信息,磁力计用来测量球拍当前位置的磁场强度和方向。可以理解的是,实际应用中可以选用其他芯片作为惯性传感器,本实施例对此不做限制。

[0059] 电源管理单元和上述各个电源相连,为上述各单元稳定供电3.3V。该单元主要由4.2V锂电池、USB充电管理芯片TC4045P、LDO、开关、场效应管等组成。USB充电管理芯片用于管理USB充电电流,放置过度充电造成锂电池或模块的损坏。场效应管配合开关用于控制惯性测量模块的开启或关闭,场效应管的使用有效防止了由于开关接触不良而导致的巨大电压损失。LDO用于稳定上述其他单元的供电电压为3.3V。

[0060] 第四部分,惯性测量模块的软件设计。

[0061] 首先介绍上位机至惯性测量模块的命令过程。PC电脑通过USB接口和数据协调器相连,PC上位机先将命令下发到数据协调器,数据协调器再通过2.4G收发器将命令传输给惯性测量模块。惯性传感器接收到命令后,分析出命令信息,完成相应的动作。上位机至惯性测量模块命令格式及功能如下:

[0062] 表1

[0063]

	起始字节	模块ID	控制码	功能码	数据	功能说明
命令1	FE	ID	04	00	00	启动数据采集
命令2	FE	ID	05	00	00	停止数据采集
命令3	FE	ID	07	00	00	进入校准模式, 校准MPU9250
命令4	FE	ID	03	02	DAT	修改上传周期, DAT为上传周期时间 (ms)
命令5	FE	ID	03	04	DAT	修改模块ID号, DAT

[0064]

5						为新的ID号
---	--	--	--	--	--	--------

[0065] 惯性测量模块一上电处于默认模式,默认模式下发送惯性测量模块的模块ID号、锂电池电量信息、采集数据频率等状态信息,并等待上位机发送命令,进入命令模式。在命令模式下,可启动惯性测量模块的数据采集功能、停止模块采集以及改变模块ID号等多种功能。启动惯性测量模块采集数据后,NRFL24E1中的TIM2定时器将开启定时中断功能,每33ms产生一次中断并发送数据包。

[0066] 现在介绍惯性测量模块至上位机数据格式,包括:

[0067] BYTE1:设备ID(1-20);

[0068] BYTE2:0;

[0069] BYTE3:2,终端向服务程序发送动态数据;

[0070] BYTE4:N/A,无关值;

[0071] BYTE5:发送序号1(0-255循环);

[0072] BYTE6:发送序号2(0-255循环,每次动态数据帧发送后【发送序号2】+1,向上进位后【发送序号1】+1);

[0073] BYTE7-BYTE10:32位整形数,表示的是启动指令后到当前为止的毫秒数;

[0074] BYTE11-BYTE36:传感器数据,如下表所示包括四部分。

[0075] 表2

[0076]

四元数	Q0L	Q0H	Q1L	Q1H	Q2L	Q2H	Q3L	Q3H
加速度	AxL	AxH	AyL	AyH	AzL	AzH		
角速度	WxL	WxH	WyL	WyH	WzL	WzH		
磁场	HxL	HxH	HyL	HyH	HzL	HzH		

[0077] BYTE11-BYTE18:表示四元数,具体如下:

[0078] $Q0 = ((Q0H \ll 8) | Q0L) / 32768$

[0079] $Q1 = ((Q1H \ll 8) | Q1L) / 32768$

[0080] $Q2 = ((Q2H \ll 8) | Q2L) / 32768$

[0081] $Q3 = ((Q3H \ll 8) | Q3L) / 32768$

[0082] BYTE19-BYTE24:表示加速度,具体如下:

[0083] $ax = ((AxH \ll 8) | AxL) / 32768 * 16g$ (g为重力加速度,可取9.8m/s²)

[0084] $ay = ((AyH \ll 8) | AyL) / 32768 * 16g$ (g为重力加速度,可取9.8m/s²)

[0085] $az = ((AzH \ll 8) | AzL) / 32768 * 16g$ (g为重力加速度,可取9.8m/s²)

[0086] BYTE25-BYTE30:表示角速度,具体如下:

[0087] $wx = ((wxH \ll 8) | wxL) / 32768 * 2000 (^{\circ}/s)$

[0088] $wy = ((wyH \ll 8) | wyL) / 32768 * 2000 (^{\circ}/s)$

[0089] $wz = ((wzH \ll 8) | wzL) / 32768 * 2000 (^{\circ}/s)$

[0090] BYTE31-BYTE36:表示磁场,具体如下:

[0091] 磁场(x轴) $Hx = ((HxH \ll 8) | HxL)$

[0092] 磁场(y轴) $Hy = ((HyH \ll 8) | HyL)$

[0093] 磁场(z轴) $H_z = ((HzH \ll 8) | HzL)$

[0094] 第五部分,惯性测量模块的磁场校准过程。

[0095] 图8是惯性测量模块的磁场校准上位机,该上位机是基于QT5.4平台编写而来的。上位机通过USB接口连接数据协调器,可完成对惯性测量模块磁场数据的采集,以及对惯性测量模块下发补偿磁场数据值等功能。

[0096] 上位机代码主要包含了main.cpp、myapp.cpp、mythread.cpp、widget.h等文件。其中myapp.cpp文件主要实现了UI界面的设计,以及连接各类的槽函数,并创建使用串口线程。mythread.cpp文件主要实现了对串口的初始化,实现对串口数据的接收和发送功能,并连接画图的槽函数。widget.h文件主要实现了在widget窗口中画表格和画点的功能。

[0097] 可见,本实施例涉及无线传感技术领域和人体运动感知技术领域,尤其涉及基于微机电系统技术传感器的体感惯性测量的无线传感通信。本实施例提供了一种高实时性和可靠性、可同步时间的无线传感网络通信方法,以及小体积、低功耗的体感惯性测量模块设计。不仅可以满足普通运动爱好者体育锻炼的需求,还能够与体感游戏进行对接,为专业运动员校正运动姿态,提升专业运动者的技能。总之,本实施例至少具备以下优点:

[0098] 1、采用基于2.4G有源RFID收发器的点对点组网方式,每个惯性测量模块和数据协调器中相应的2.4G收发器点对点的传输数据,并且2.4G收发器每收到一个数据包都会给发送者回复一个ACK信号,让无线传感网络实时性更高、可靠性更好。

[0099] 2、在高速线路板设计中,采用了四层板设计方案。并且在惯性传感器周围做覆铜处理,在姿态数据采集单元和锂电池上面使用锡箔材料进行隔绝处理,避免了线路板内外电磁信号对姿态数据采集单元的干扰上,提高硬件系统信号的稳定性。

[0100] 3、采用MEMS惯性传感器采集数据,在通过MCU进行数据融合得到四元数等相关姿态数据,最后通过无线传输方式上传给数据协调器,PC上位机也可下发命令对惯性测量模块进行磁场校准。

[0101] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其它实施例的不同之处,各个实施例之间相同或相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分

说明即可。

[0102] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0103] 以上对本申请所提供的方案进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

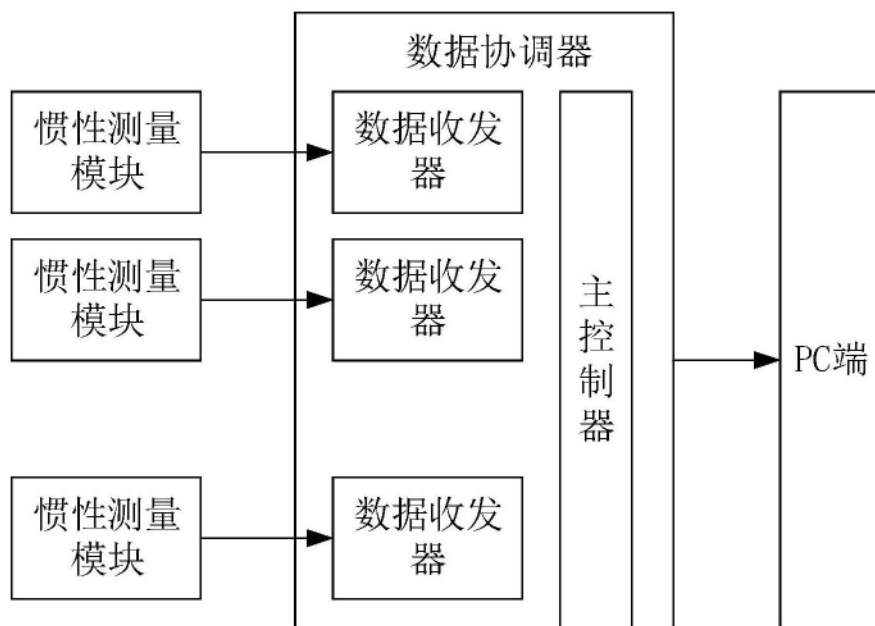


图1

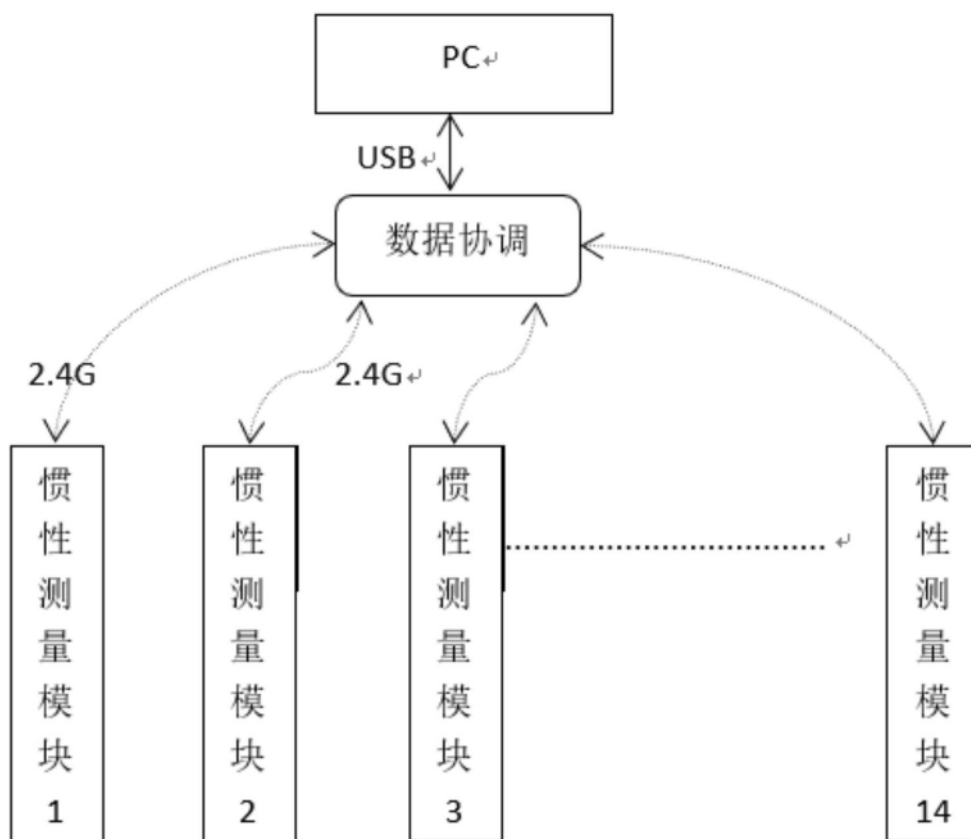


图2

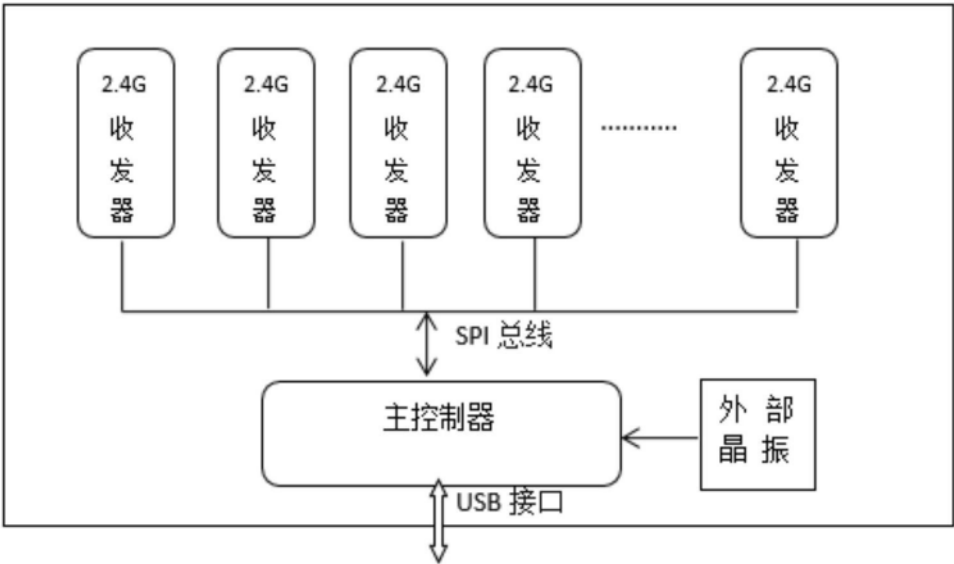


图3

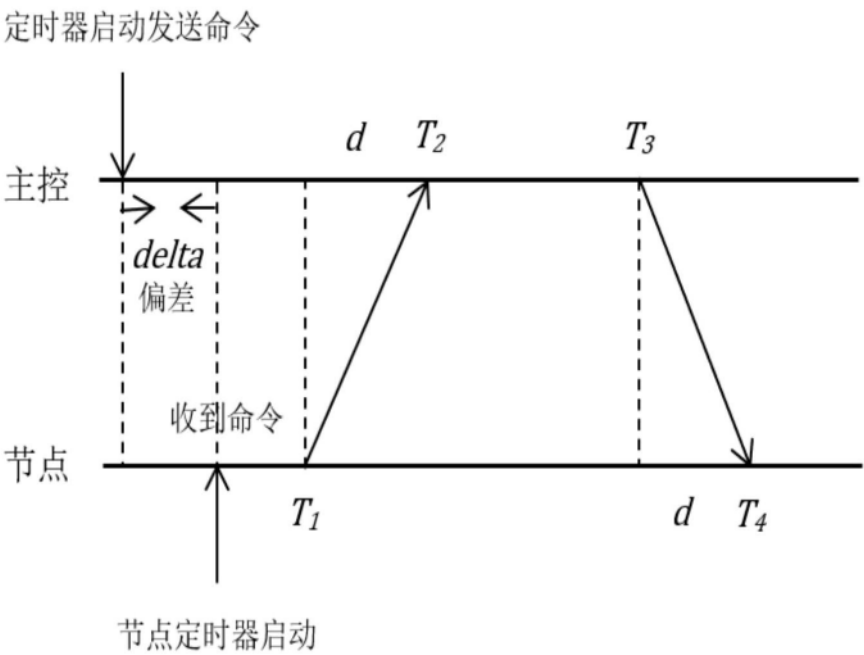


图4

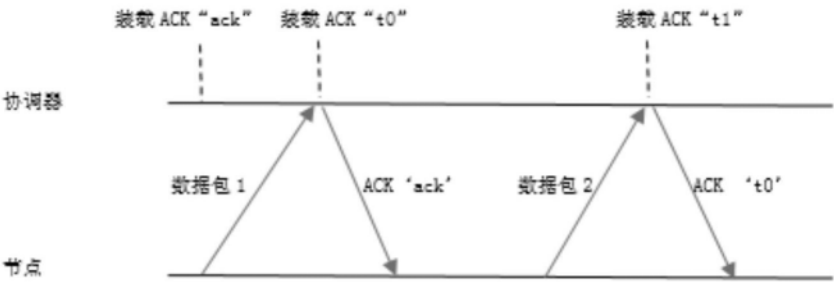


图5

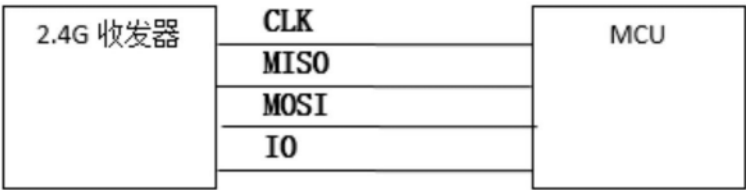


图6

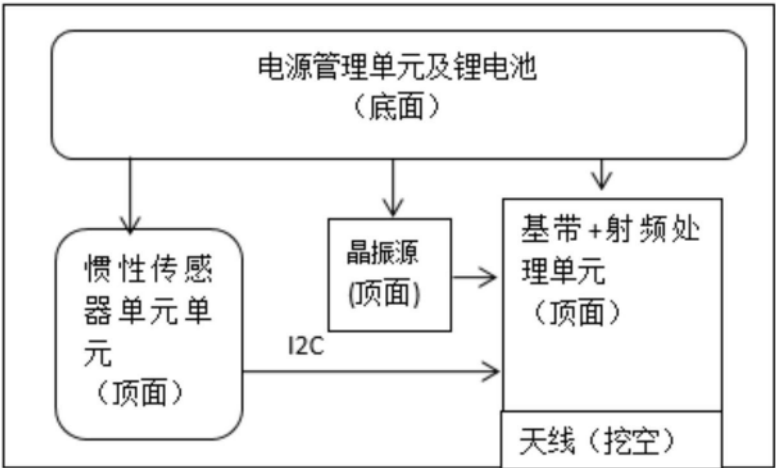


图7



图8