



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106123965 A

(43)申请公布日 2016. 11. 16

(21)申请号 201610661758.9

(22)申请日 2016.08.14

(71)申请人 上海岩联信息技术有限公司

地址 201802 上海市嘉定区沪宜公路1188号15幢2楼

(72)发明人 张喻 高峻 徐炜 白博宇

(51)Int. Cl.

G01D 21/02(2006.01)

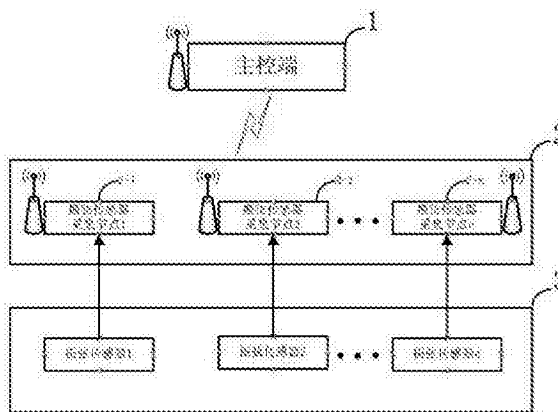
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种同步采样的无线振弦采集系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种同步采样的无线振弦采集系统及方法。所述系统包括主控端(1)、振弦传感器采集端(2)和振弦式传感器(3)。主控端(1)通过无线的方式与振弦传感器采集端(2)中所有采集节点进行组网以及数据的交互;振弦传感器采集端(2)中的各个采集节点,接收并响应来自主控端(1)发出的所有操作命令;振弦式传感器(3)感知桥梁、边坡等待测部位的微小形变,转变为电信号传输给振弦传感器采集端(2)进行采集。所述方法包括步骤1:系统初始化;步骤2:发送组网连接命令;步骤3:启动同步采样;步骤4:获取各采集节点数据;步骤5:数据存储与上传。本发明采用无线的方式,实现了各节点同步采样的功能,检测效率得到了极大的提高,同时又确保了数据的准确可靠。



1. 一种同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:包括主控端(1)、振弦传感器采集端(2)、振弦传感器(3);所述主控端(1)作为整个采集系统的核心控制单元,通过无线的方式与振弦传感器采集端(2)中所有采集子节点进行组网以及数据的交互;所述振弦传感器采集端(2)中的各个采集节点,接收并响应主控端(1)发出的所有操作命令,将采集到的振弦式传感器(3)的数据通过无线的方式发送给主控端(1);所述振弦式传感器(3)感知桥梁、边坡等待测部位的微小形变,转变为电信号传输给振弦传感器采集端(2)进行采集。

2. 根据权利要求1所述的同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:所述主控端(1)包括第一微控制器(101)、第一无线模块(102)、上传模块(103)、第一电源电路(104)、第一存储模块(105)、第一GPS模块(106);所述第一微处理器(101)与第一无线模块(102)通过SPI接口相连;所述第一微处理器(101)与上传模块(103)相连;所述第一微处理器(101)与第一存储模块(105)、第一GPS模块(106)依次相连;所述第一电源电路(104)为主控端(1)中所有模块提供电源。

3. 根据权利要求1所述的同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:所述振弦传感器采集端(2)包括第二微控制器(201)、第二无线模块(202)、激励电路(203)、第二电源电路(204)、第二存储模块(205)、第二GPS模块(206)、信号调理电路(207);所述第二微处理器(201)与第二无线模块(202)通过SPI接口相连;所述第二微控制器(201)与所述激励电路(203)相连;所述第二电源电路(204)为所述振弦传感器采集端(2)中所有模块提供电源。

4. 根据权利要求1所述的同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:所述振弦式传感器(3)为振弦式裂缝计或振弦式渗压计。

5. 根据权利要求2或3任一项所述的同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:所述第一微控制器(101)、第二微控制器(201)为STM32F103VET6。

6. 根据权利要求2或3任一项所述的同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:所述第一无线模块(102)、第二无线模块(202)为EL1663B_PA_1W。

7. 根据权利要求2或3任一项所述的同步采样的无线振弦采集系统,其特征在于:所述第一GPS模块(106)、第二GPS模块(206)为UART GPS NEO-6M模块。

8. 一种同步采样的无线振弦采集系统的检测方法,其特征在于,其步骤为:

步骤1:系统初始化;

步骤2:发送组网连接命令;

步骤3:启动同步采样;

步骤4:获取各采集节点数据;

步骤5:数据存储与上传。

一种同步采样的无线振弦采集系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种振弦采集系统及方法,属于岩土工程检测监测技术领域。

背景技术

[0002] 在对岩土工程、道路交通设施、大型楼宇等的安全监测中,通常采用振弦式传感器等安全监测仪器监测应力应变、温度、接缝开度、渗漏和变形等物理量,用以分析判断安全状况。振弦式传感器内部的钢弦的振动固有频率参量是最为关键的测量因子,目前测量钢弦的频率参量通常采用激振拾振的方法:采集终端首先向振弦式传感器发送单脉冲激励信号或扫频激励信号,向振弦式传感器馈入激励能量,使振弦式传感器内部的钢弦产生振动。撤销激励信号后,振弦式传感器的钢弦处于自由谐振状态,以特定的频率谐振,该谐振频率与振弦式传感器所测量的参量有特定的对应关系。采集终端再检测、处理振弦式传感器的谐振信号,得到其谐振频率,即钢弦的固有频率。

[0003] 振弦传感器监测采用激振方法一般分为高压拨弦激振和低压扫频激振两种,但这两种激振方式都存在较大局限性。高压拨弦激振方式是通过高频变压器产生高压激振脉冲使钢弦振动,激发时 $V_{p-p}>100V$,被激励的钢弦通过感应线圈将振动转换成自由衰减振荡的正弦电压信号从传感器输出。低压扫频激振是根据传感器的固有频率选择合适的频率段,对传感器施加频率逐渐变大或变小的扫频脉冲串信号,当激振信号的频率和钢弦的固有频率相近时,钢弦能快速达到共振状态,共振状态下振幅最大,能产生较大的感应电动势,传感器输出的频率信号信噪比较高且便于测量。这两种激振方式的局限性分别表现为:高压拨弦方式激振,钢弦振动持续时间短,信号不易拾取,测量精度差,且高电压易使钢弦加速老化致使传感器失效;低压扫频激振方式虽然采用了低电压激励,保护了钢弦,但是扫频信号是从频率下限到频率上限的连续脉冲信号,为了保证激振效果,每个频率的脉冲都要持续若干个周期,激振时间太长。

[0004] 目前,国内用于桥梁、边坡等监测的振弦采集系统通常采用有线电缆连接的方式,布线繁琐,安装成本及维护成本高。因此,采用无线连接方式是未来监测发展的趋势。

[0005] 中国发明专利申请CN102426052A公开了一种振弦式数据采集系统及方法,该系统包括振弦式传感器、通道选择电路、激振电路、拾振电路、电源管理电路和处理器,还包括FPGA 电路,处理器产生并发送初试激振频率控制字给FPGA电路,FPGA电路对该正弦模拟信号整形后控制激振电路产生脉冲信号去激振振弦式传感器,FPGA 电路采样拾振电路的输出频率值并传递给处理器。可见,该方法仍需要 3-5 次才能够读出传感器的频率值,不利于检测效率的提高,另外,该系统中采用FPGA控制激励电路产生激励脉冲并采样拾振电路的输出频率值传输给处理器,系统复杂,成本较高,不便于集成与推广。尤其关键的一点是,该采集系统与传感器采用的是有线电缆连接的方式,该方式存在两个弊端,首先,布线费事费力,特别是针对环境恶劣的边坡和隧道监测时,表现尤为突出。另外,有线连接方式不能很好的解决振弦传感器激振后,微小感应电信号在远距离传输电缆中存在较大的衰减问题,给后续拾振电路设计与处理带来很大的困难,而且会较大程度的影响频率测量精度。

[0006] 中国发明专利申请CN101832752A公开了一种采用无线传感器网络技术的低功耗振弦式应变采集系统,该系统包括计算机1、无线控制基站2和无线应变传感器网络10,采用了无线通信方式,但该专利并没有涉及到各个无线节点数据同步采集的问题。

[0007] 实际工程应用中,特别是针对大型桥梁或大坝的应力应变监测方案中,在某个测点处往往需要同时监测两种或两种以上物理量(比如位移、应力、应变等),才能够对该测点的变化趋势进行综合的评判,这就需要各个采集节点具备同步采集的功能,这样才能够获取同一时刻的位移、应力、应变等数据,对数据进行分析、处理过程中,才能够准确的描绘各物理量随时间变化的趋势图,为桥梁或大坝的健康诊断以及趋势预测、预警提供精准的数据支撑。因此,各无线节点同步采集是本发明的关键部分。

发明内容

[0008] 为了克服背景技术中提到的技术问题,本发明提供一种同步采样的无线振弦采集系统,该系统将主控端和振弦传感器采集端实现分离,采用无线方式进行数据交互,结合无线模块的中断信号IRQ和GPS模块提供的1PPS秒脉冲信号,分别连接到微控制器的外部中断线0和外部中断线1上,利用微控制器具备的嵌套向量中断控制器,通过软件设计主控端与振弦传感器采集端的交互流程,从而实现同步采集的功能。

[0009] 本发明所采取的技术方案是:一种同步采样的无线振弦采集系统,包括主控端、振弦传感器采集端、振弦式传感器。其中,振弦传感器采集端由 $N(N \geq 32)$ 个振弦传感器采集子节点组成;主控端作为整个采集系统的核心控制单元,通过无线的方式与振弦传感器采集端中所有采集节点进行组网以及数据的交互;振弦传感器采集端中的各个采集节点,接收并响应来自主控端发出的所有操作命令,将采集到的振弦式传感器的数据通过无线的方式发送给主控端;振弦式传感器感知桥梁、边坡等待测部位的微小形变,转变为电信号传输给振弦传感器采集端进行采集;主控端接收来自振弦传感器采集端中的各个采集节点的数据后,一方面进行本地存储,另一方面实时的上传到YL-TMS在线监测系统平台,实现数据的远程监控。

[0010] 优选的,主控端包括第一微控制器、第一无线模块、上传模块、第一电源电路、第一存储模块、第一GPS模块;第一微处理器与第一无线模块通过SPI接口相连;第一微处理器与上传模块相连;第一微处理器与第一存储模块、第一GPS模块依次相连;第一电源电路为主控端中所有模块提供电源。

[0011] 优选的,振弦传感器采集端包括第二微控制器、第二无线模块、激励电路、第二电源电路、第二存储模块、第二GPS模块、信号调理电路;第二微处理器与第二无线模块通过SPI接口相连;第二微控制器与激励电路相连,控制激励电路输出扫频信号去激励振弦式传感器,振弦式传感器被激励后,产生感应输出信号,经过信号调理电路进行放大、滤波、整形后,提供给第二微控制器进行捕获计数,从而计算出振弦式传感器的共振频率,最终换算出振弦传感器的形变物理量;第二电源电路为振弦传感器采集端中所有模块提供电源。

[0012] 优选的,第二微控制器通过捕获信号调理电路输出的频率信号,反馈控制激励电路扫频信号的范围,从而自动调节传感器使其到达共振状态,确保振弦式传感器的检测精度。

[0013] 优选的,振弦式传感器为振弦式裂缝计或振弦式渗压计。

[0014] 优选的,第一微控制器、第二微控制器为STM32F103VET6。

[0015] 优选的,第一无线模块、第二无线模块为EL1663B_PA_1W。

[0016] 优选的,第一GPS模块、第二GPS模块为UART GPS NEO-6M模块。

[0017] 一种同步采样的无线振弦采集方法,包括以下步骤:

步骤1:系统初始化;

步骤2:发送组网连接命令;

步骤3:启动同步采样;

步骤4:获取各采集节点数据;

步骤5:数据存储与上传。

[0018] 优选的,步骤1具体为:系统上电后,主控端和振弦传感器采集端中的微控制器通过向GPS模块发送同步授时命令,GPS模块获取中国国家授时中心的时间服务器的标准时间,使主控端和振弦传感器采集端各采集节点时间同步和秒脉冲输出同步;时间同步完成后,主控端中的第一无线模块初始化为发送模式,振弦传感器采集端中的第二无线模块初始化为接收模式。

[0019] 优选的,步骤2具体为:系统初始化后,主控端向振弦传感器采集端发送组网连接命令,如果连接成功,振弦传感器采集端的通讯状态指示灯点亮,同时主控端将自动生成所有已连接节点的拓扑结构,从而更直观的获取振弦传感器采集端中各个采集子节点的运行状态。

[0020] 优选的,步骤3具体为:组网连接成功后,主控端向振弦传感器采集端中的各个采集子节点同时发送启动采样命令,主控端获取第一GPS模块当前的时间作为一次采样时刻,采样命令发送完成后,第一微控制器将第一无线模块设置为接收模式,等待接收振弦传感器采集端的数据。当振弦传感器采集端接收到主控端发送过来的采样命令后,第二无线模块均会产生一个低电平的中断信号IRQ,由于晶振误差和无线信号可能延迟的误差,因此,仅通过第二无线模块产生的中断信号IRQ来启动对振弦式传感器的数据采集,实现不了同步采样。本发明中将无线模块的中断信号IRQ和GPS的1PPS脉冲信号,分别与第二微处理器的外部中断线0和外部中断线1相连,利用第二微处理器具备的嵌套向量中断控制器,将外部中断1嵌套在外部中断0内,当第二无线模块的中断信号IRQ到来时,会触发外部中断线0,进入外部中断0的中断处理函数,同时在外中断0处理函数中使能外部中断线1对GPS的1PPS脉冲信号上升沿捕获,当上升沿到来时,会触发外部中断线1,进入外部中断1的中断处理函数,同时在外中断1处理函数中开启振弦传感器采集端的数据采集,从而实现同步采样的功能。

[0021] 优选的,步骤4具体为:当振弦传感器采集端数据采集完成后,第二微控制器将第二无线模块配置为发送模式,将采集到的数据连同节点编号一起发送给主控端,发送完毕后,振弦传感器采集端中的第二微控制器将第二无线模块配置为接收模式;主控端接收完所有振弦传感器采集端的数据后,主控端中的第一微控制器将第一无线模块配置为发送模式。

[0022] 优选的,步骤5具体为:主控端接收完所有振弦传感器采集端的数据后,将接收到的数据连同获取的开始采样的时刻,保存到第一存储模块中,然后通过上传模块将数据上传到YL-TMS在线监测系统平台。

[0023] 重复步骤1至5,可进行数据的重新采样。

[0024] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:1、该系统小巧轻便,便于集成与大规模的推广应用,另外,采用无线的方式解决了传统有线振弦采集系统布线困难、微小感应电信号在远距离传输电缆中存在较大的衰减等问题。2、实现了各无线节点同步采样的功能,能够获取同一时刻的位移、应力、应变等数据,便于准确的描绘各物理量随时间变化的趋势图,为桥梁或大坝的健康诊断以及趋势预测、预警提供精准的数据支撑。

附图说明

[0025] 图1为本发明的其中一个实施例的一种同步采样的无线振弦采集系统的整体示意图;

图2为图1所示系统中主控端1的结构框图;

图3为图1所示系统中振弦传感器采集端2的结构框图;

图4为图1-3所示系统中主控端1和振弦传感器采集端2中的微控制器、GPS模块、无线模块和天线的引脚连接图;

图5为本发明的其中一个实施例的同步采样的无线振弦采集方法的整体流程图;

图中,1—主控端;2—振弦传感器采集端;3—振弦传感器;101—第一微控制器;102—第一无线模块;103—上传模块;104—第一电源电路;105—第一存储模块;106—第一GPS模块;201—第二微控制器;202—第二无线模块;203—激励电路;204—第二电源电路;205—第二存储电路;206—第二GPS模块;207—信号调理电路。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和优选实施例对本发明进一步进行详细说明。

[0027] 请参阅图1,为本发明同步采样的无线振弦采集系统整体示意图。本发明同步采样的无线振弦采集系统由主控端1、振弦传感器采集端2和振弦传感器3组成,主控端1作为整个系统的核心控制部分,与振弦传感器采集端2进行命令和数据的交互,完成对振弦传感器3的数据采集,实时的将采集到的数据进行本地存储并上传到监测系统平台,便于监测单位远程监控与分析;振弦传感器采集端2用于接收并响应主控端1发送的各种指令,对振弦传感器3进行激励与频率的捕获,将振弦传感器3的物理形变量数字化后,发送给主控端1;振弦传感器3为布置在监测测点上的各类振弦式传感器,比如振弦式裂缝计或振弦式渗压计变等;其中,主控端1和振弦传感器采集端2中均配置了无线模块和天线。

[0028] 主控端1中的第一无线模块102和振弦传感器采集端2中第二无线模块202,均采用EL1663B_PA_1W,EL1663B_PA_1W是一款输出功率为1W的大功率模块,采用的是SI4463内核,接口操作简单,仅通过SPI接口就可以完成所有参数的配置及收发功能,穿透能力强,通讯距离可达10KM。

[0029] 主控端1中的第一微控制器101和振弦传感器采集端2中的第二微控制器201,均采用意法半导体公司的基于ARM Cortex-M3内核的高性能32位微处理器STM32F103VET6,通过SPI接口与无线模块进行相连,从而实现主控端1与振弦传感器采集端2通过无线的方式进行交互的功能。

[0030] 请参阅图2,为本发明同步采样的无线振弦采集系统的主控端1的结构框图。主控

端1由第一微处理器101、第一无线模块102、上传模块103、第一电源电路104、第一存储模块105、第一GPS模块106组成;其中,上传模块103采用的是厦门四信公司的4G数传终端(4G DTU) F2A16,该上传模块支持4G、3G、2.5G等全线网络,数据传输更顺畅更高速。第一微处理器101与上传模块103通过UART接口进行连接。第一存储模块105采用的是WINBOND公司的FLASH芯片W25Q128FV51G,第一存储模块105通过SPI接口与第一微处理器101进行连接。第一GPS模块106与第一微处理器101之间采用UART接口进行相连;第一电源电路104为主控端1中所有模块提供电源。

[0031] 请参阅图3,为本发明同步采样的无线振弦采集系统的振弦传感器采集端2的结构框图。振弦传感器采集端2由第二微控制器201、第二无线模块202、激励电路203、第二电源电路204、第二存储模块205、第二GPS模块206、信号调理电路207组成。其中,激励电路203和信号调理电路207为振弦传感器采集端2中至关重要的两个部分,分别实现对振弦式传感器的激励与频率捕获功能。

[0032] 鉴于高压拨弦激励方式的电路复杂、传感器易老化、检测信号精度低和低压扫频时间长等弊端,本发明中的激励电路203采用反馈式隔离激振电路对振弦传感器进行扫频激励,其中反馈式隔离激振电路的核心部分由高速光耦TLP250构成,高速光耦TLP250通过将第二微控制器201产生初始的扫频激励信号,隔离升压后作用在振弦传感器3上,由于高速光耦TLP250内部自带推挽输出级,输出电流最大可达1.5A,可直接满足对振弦传感器线圈激振的电流要求,不需要额外的添加驱动电路。

[0033] 由于振弦式传感器3经过激励电路203激励后产生的感应电动势的幅度为mV级,不便于直接进行采集与分析,因此,需要对产生的微小信号进行调理。信号调理电路207主要由滤波放大和整形变换两部分功能组成,其中,滤波放大电路采用LM324组成的有源低通滤波器,构成电压串联负反馈,使输入阻抗高,输出阻抗低,输入和输出之间具有很好的隔离作用,另外除了起到滤波作用外,同时将振弦式传感器3感应出来的微小电动势进行放大。整形变换也由LM324的一组运算放大器组成迟滞比较器,利用迟滞比较器的滞回特性,在整形变换的过程中,极大的提高了整个信号调理电路207的抗干扰能力。

[0034] 信号调理电路207输出的方波信号,经过光耦6N137隔离后连接到第二微控制器201的TIM2_CH2引脚上。由于振弦的共振频率范围为400~4500Hz,此频率信号的稳定持续时间是有限的,必须在共振信号衰减到不至于影响测频前完成测量任务。本发明中利用第二微控制器201内部的定时器,采用等精度测频的方法来实现对方波信号的频率捕获。第二微控制器201中TIM5产生标准的频率F,TIM5与TIM3通过外部相连,第二微控制器201同时开启TIM2和TIM3,在计数周期 $T=200\text{ms}$ 的间隔内,TIM3对该标准频率的计数值为N,TIM2对待测方波的计数值为n,则待测方波的频率 $f=nF/N$ 。

[0035] 整个测频过程中,仅通过第二微控制器201内部的定时器资源就可以实现,不需要额外的增加FPGA来实现对频率的捕获,整个系统简单,硬件规模小,成本低,便于集成与推广。

[0036] 请参阅图4,为本发明同步采样的无线振弦采集系统主控端1和振弦传感器采集端2中微控制器、无线模块和GPS模块的引脚连接图。微控制器与无线模块通过SPI接口相连,无线模块的中断信号IRQ与微控制器的外部中断线0相连;微控制器与GPS模块通过UART接口相连,GPS模块的1PPS秒脉冲输出信号与微控制器的外部中断线1相连;为了防止无线模

块在收发过程中产生的射频干扰,通过电源和地回路对GPS模块的精度造成影响,无线模块和GPS模块独立供电,两者电源的供给通过微控制器分别进行控制。当主控端1向振弦传感器采集端2发送启动同步采样的命令时,无线模块的中断信号IRQ引脚产生一个低电平脉冲,触发微控制器的外部中断线0,进入外部中断0的中断处理函数,同时在外中断0处理函数中使能外部中断线1对GPS模块的1PPS脉冲信号上升沿进行捕获,当GPS模块的秒脉冲信号上升沿到来时,会触发外部中断线1,进入外部中断1的中断处理函数,同时在外中断1处理函数中开启振弦传感器采集端2的数据采集,从而实现同步采样的功能。

[0037] 请参阅图5,为本发明的同步采样的无线振弦采集方法的整体流程图,本方法按以下步骤进行:

步骤1:系统初始化;

步骤2:发送组网连接命令;

步骤3:启动同步采样;

步骤4:获取各采集节点数据;

步骤5:数据存储与上传。

[0038] 其中,步骤1:系统初始化;具体为系统上电后,主控端1和振弦传感器采集端2中的微控制器通过向GPS模块发送同步授时命令,GPS模块获取中国国家授时中心的时间服务器的标准时间,使主控端1和振弦传感器采集端2各采集节点时间同步和秒脉冲输出同步;时间同步完成后,主控端1中的第一无线模块102初始化为发送模式,振弦传感器采集端2中的第二无线模块202初始化为接收模式。

[0039] 步骤2:发送组网连接命令;具体为系统初始化后,主控端1向振弦传感器采集端2发送组网连接命令,如果连接成功,振弦传感器采集端2的通讯状态指示灯点亮,同时主控端1将自动生成所有已连接节点的拓扑结构,从而更直观的获取振弦传感器采集端2中各个采集子节点的运行状态。

[0040] 步骤3:启动同步采样;具体为组网连接成功后,主控端1向振弦传感器采集端2中的各个采集子节点同时发送启动采样命令,主控端1获取第一GPS模块106当前的时间作为一次采样时刻,采样命令发送完成后,第一微控制器101将第一无线模块102设置为接收模式,等待接收振弦传感器采集端2的数据。当振弦传感器采集端2接收到主控端1发送过来的采样命令后,第二无线模块202均会产生一个低电平的中断信号IRQ,由于晶振误差和无线信号可能延迟的误差,因此,仅通过第二无线模块202产生的中断信号IRQ来启动对振弦式传感器3的数据采集,实现不了同步采样。本发明中将无线模块的中断信号IRQ和GPS的1PPS脉冲信号,分别与第二微处理器201的外部中断线0和外部中断线1相连,利用第二微处理器201具备的嵌套向量中断控制器,将外部中断1嵌套在外部中断0内,当第二无线模块202的中断信号IRQ到来时,会触发外部中断线0,进入外部中断0的中断处理函数,同时在外中断0处理函数中使能外部中断线1对GPS的1PPS脉冲信号上升沿捕获,当上升沿到来时,会触发外部中断线1,进入外部中断1的中断处理函数,同时在外中断1处理函数中开启振弦传感器采集端2的数据采集,从而实现同步采样的功能。

[0041] 步骤4:获取各采集节点数据;具体为当振弦传感器采集端2数据采集完成后,第二微控制器201将第二无线模块202配置为发送模式,将采集到的数据连同节点编号一起发送给主控端1,发送完毕后,振弦传感器采集端2中的第二微控制器201将第二无线模块202配

置为接收模式；主控端1接收完所有振弦传感器采集端2的数据后，主控端1中的第一微控制器101将第一无线模块102配置为发送模式。

[0042] 步骤5：数据存储与上传；具体为主控端1接收完所有振弦传感器采集端2的数据后，将接收到的数据连同获取的开始采样的时刻，保存到第一存储模块105中，然后通过上传模块103将数据上传到YL-TMS在线监测系统平台。

[0043] 虽然之前的说明和附图描述了本发明的实施例，应当理解在不脱离权利要求书所界定的本发明原理的精神和保护范围的前提下可以有各种增补、修改和替换。本领域技术人员应该理解，本发明在实际应用中可根据具体的环境和工作要求在不背离发明准则的前提下在形式、结构、布局、比例、材料、元素、组件及其它方面有所变化。因此，在此披露的实施例仅用于说明而非限制，本发明的保护范围由权利要求书中技术方案及其合法等同物界定，而限于此前的描述。

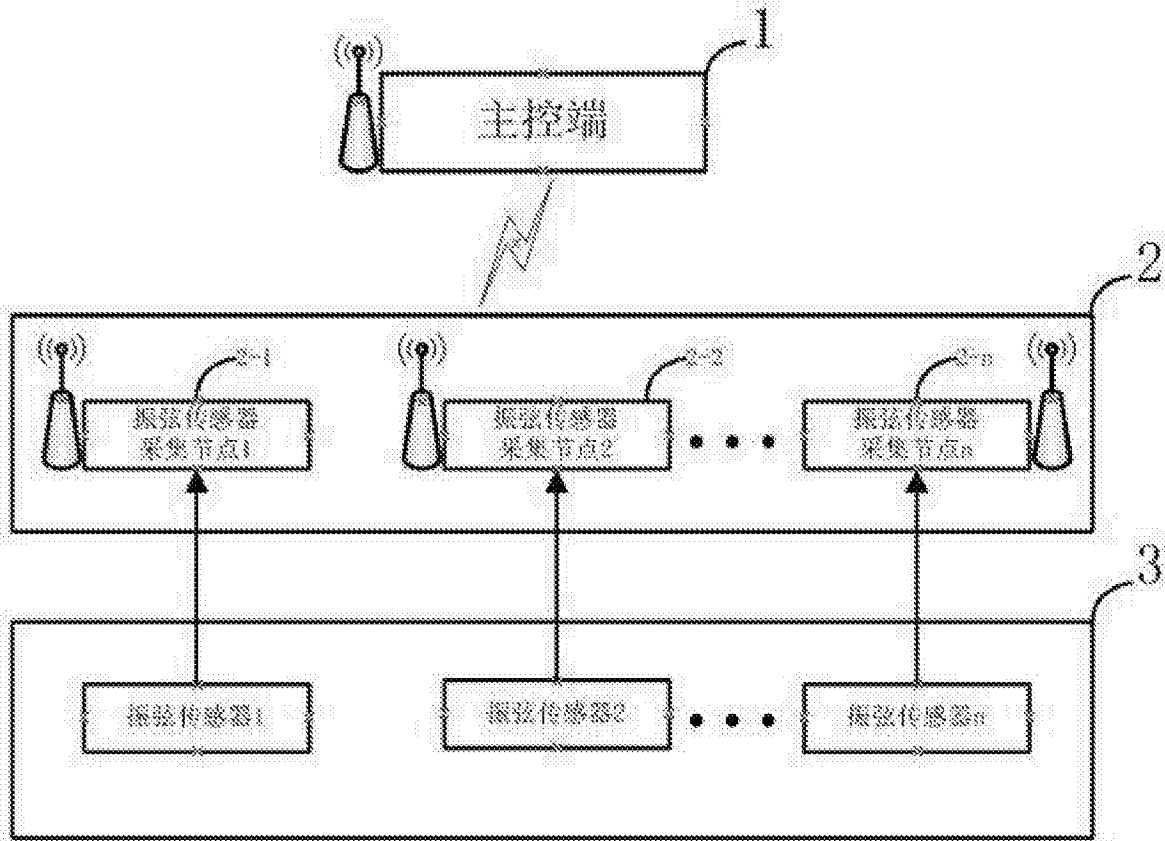


图1

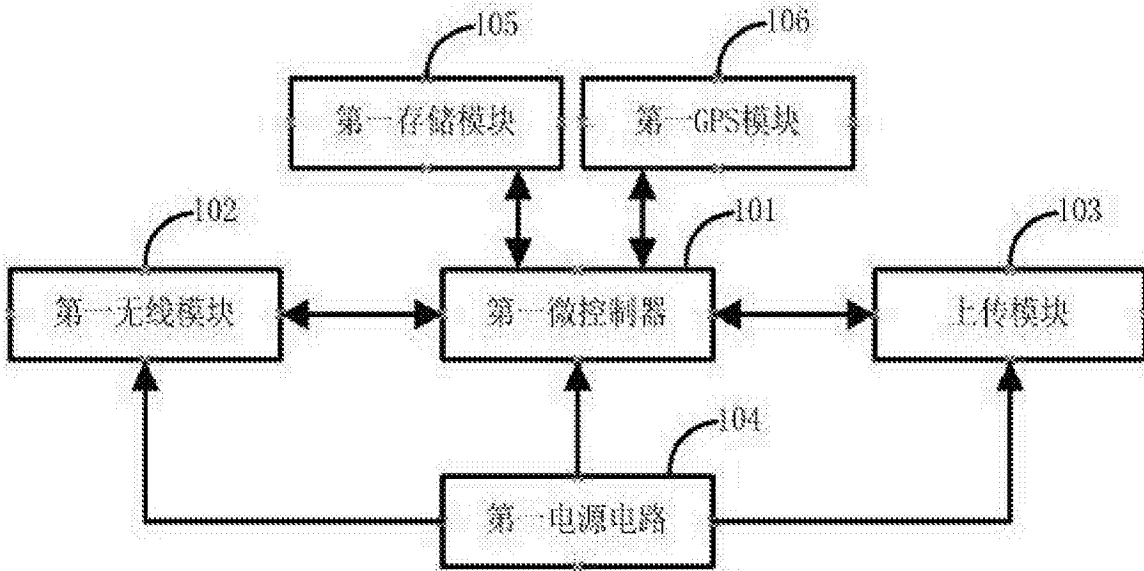


图2

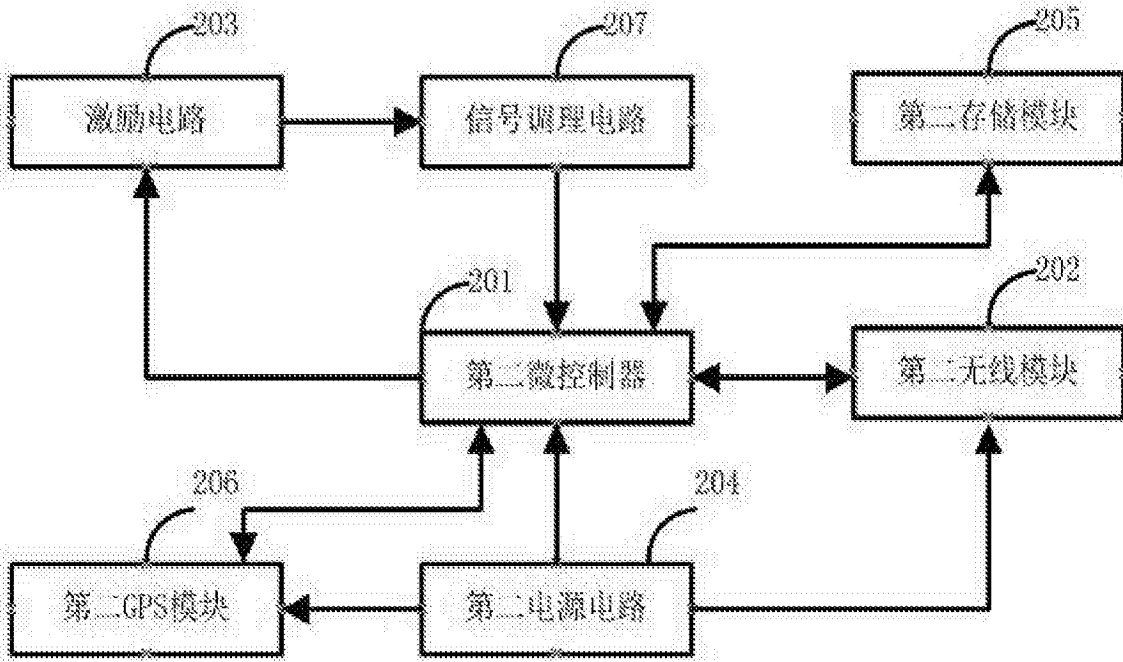


图3

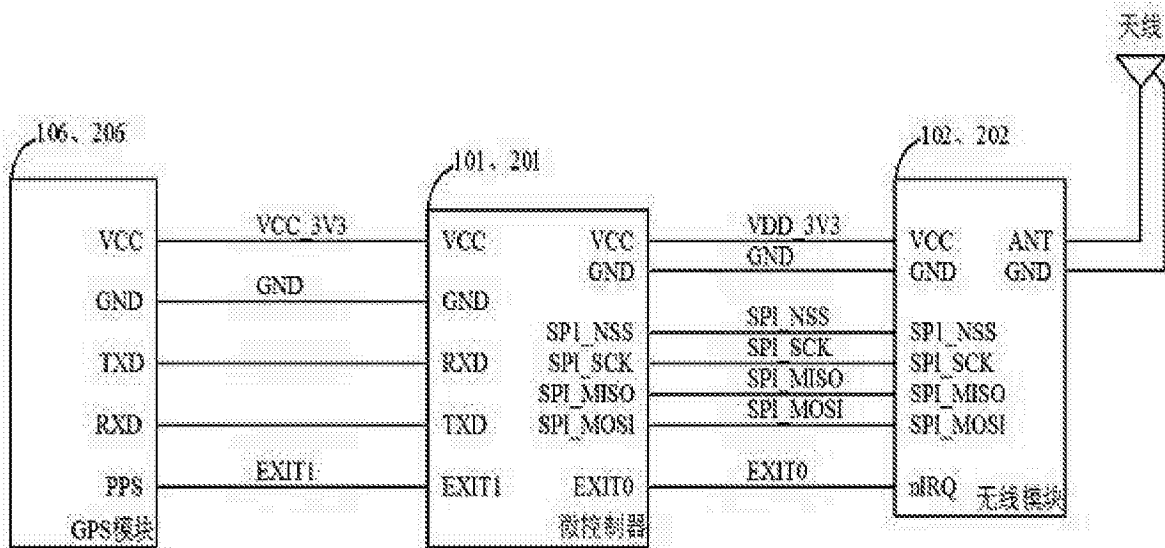


图4

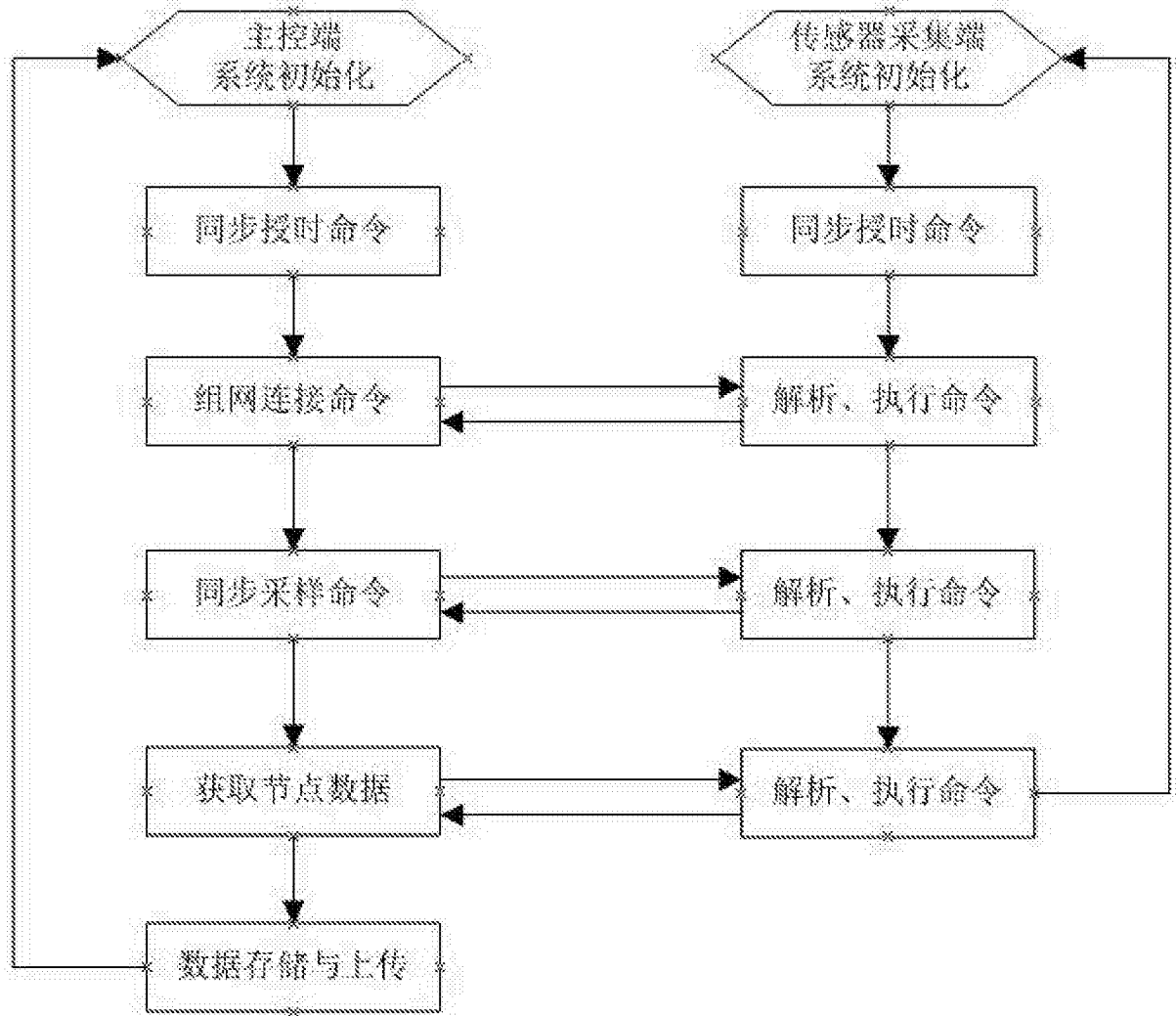


图5