



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103338142 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 02

(21) 申请号 201310221039. 1

(22) 申请日 2013. 06. 05

(71) 申请人 山东大学

地址 250100 山东省济南市历城区山大南路  
27 号

(72) 发明人 郑来波 张国伟 曹琦 英宁  
谭振兴 陈磊

(74) 专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限  
公司 37219

代理人 许德山

(51) Int. Cl.

H04L 12/44 (2006. 01)

H04W 84/18 (2009. 01)

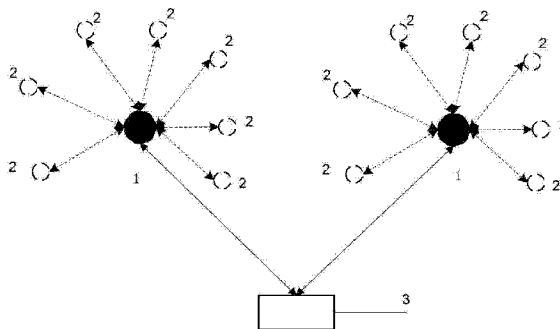
权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

基于 IEEE802. 15. 4g 的无线自组网系统及工  
作方法

(57) 摘要

基于 IEEE802. 15. 4g 的无线自组网系统  
及工作方法, 属物联网及无线传感技术领域。  
系统包括上位机、网络协调器和传感器节点,  
IEEE802. 15. 4g 是在 IEEE802. 15. 4 标准协议的基础  
上对物理层的补充, 特别适用于超低功耗、传输  
速率较低、要求远距离传输的无线传感网络。本发  
明基于 IEEE802. 15. 4g 的底层标准, 设计出一套  
超低功耗的自组网无线传感网络系统, 系统的组  
网方式简洁, 功耗低, 具有很强的鲁棒性和链路自  
愈能力, 适合在工业控制、无线计量和环境监测等  
方面使用。



1. 一种基于 IEEE802. 15. 4g 的无线自组网系统, 主要包括上位机、网络协调器和传感器节点, 其特征在于网络协调器包括微处理器、射频通信模块、电源模块, 其中微处理器和射频通信模块相连接, 电源模块分别和微处理器及射频通信模块相连接以为其供电, 微处理器经串口转 USB 和上位机相连接; 传感器节点包括微处理器、射频通信模块、传感器和电源, 其中微处理器分别和射频通信模块及传感器相连接, 电源分别和微处理器、传感器及射频通信模块相连接以为其供电; 传感器节点分布在被监测地区的不同地点, 局部区域内的传感器节点与其相近的一个网络协调器组成一个星形网络, 由多个星形网络构成无线自组网系统。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于 IEEE802. 15. 4g 的无线自组网系统, 其特征在于所述的射频通信模块是 CC1120 射频通信模块。

3. 如权利要求 1 所述的一种基于 IEEE802. 15. 4g 的无线自组网系统, 其特征在于所述的传感器节点中的传感器是温度传感器、湿度传感器、气敏传感器中的一种或其组合。

4. 如权利要求 1 所述的一种基于 IEEE802. 15. 4g 的无线自组网系统, 其特征在于所述的传感器节点中的电源型号为 HCB ER14250 锂电池, 所述的网络协调器中的电源模块型号为景赛 JS-700K-5V1A 电源适配器。

5. 一种如权利要求 1 所述的无线自组网系统的工作方法, 上位机对整个系统进行配置和调度, 每一个网络协调器控制一个由传感器节点组成的星形网络, 网络协调器负责星形网络的建立、管理和维护工作, 同时还负责与上位机进行数据通信, 接收上位机的监控命令并对星形网络中的传感器节点进行调度, 并将从传感器节点采集的环境监测参数上传至上位机, 以方便管理人员实时掌握被监测地区的各项环境参数; 传感器节点分布在被监测地区的不同地点, 负责采集监测地点的各类环境参数, 通过其无线射频模块将数据发送给网络协调器; 整个系统工作过程分为上位机和网络协调器通信、网络协调器和传感器节点通信两部分, 其中上位机和网络协调器通信的具体工作方法步骤如下:

a. 系统上电初始化, 上位机通过串口向网络协调器发送组网命令, 网络协调器就会发送广播信号, 传感器节点收到广播信号后就会和离它比较近的网络协调器联系, 进而完成组网;

b. 组网完成以后, 上位机向网络协调器发送调整功率命令, 网络协调器就会依次和它负责的传感器节点进行发射功率的动态调整, 使传感器节点达到能正常通信的最小发射功率;

c. 调整完发射功率以后, 上位机向网络协调器发送休眠命令和休眠时间指令, 网络协调器就会依次向传感器节点发送休眠命令和休眠时间指令, 网络协调器和传感器节点同步定时, 传感器节点进入休眠状态, 这样初始化阶段完成;

d. 传感器节点休眠时间到了以后, 会被定时中断唤醒, 此时网络协调器也会被定时中断唤醒, 然后依次向传感器节点发送采集命令, 传感器节点接收到采集命令就会采集环境参数然后回传给网络协调器, 网络协调器会向传感器节点发送休眠命令和休眠时间指令, 传感器节点再次进入休眠状态, 网络协调器收集完所有传感器节点采集的数据以后一并传送给上位机, 然后网络协调器重新进入定时状态;

如果网络协调器在正常工作阶段收到上位机发来的命令, 网络协调器会对命令进行如下处理:

i . 如果是添加新传感器节点的命令,网络协调器会发送广播信号,新传感器节点收到广播信号以后通过对比广播信号的强度选择信号强度比较大的网络协调器所在的网络,完成添加新传感器节点的工作;

ii . 如果是修改休眠时间命令,网络协调器首先把休眠时间保存起来,等到下次发送休眠信号的时候把该休眠时间发送给传感器节点;

网络协调器和传感器节点通信的具体工作方法步骤如下:

#### (1) 组网阶段

在组网阶段,每个网络协调器在不同的频段上发送一段时间的广播信号,该广播信号的数据包包含网络协调器自身的物理地址,发送完广播信号就进入低功耗接收模式,同时开启定时器,等待一个足够长的时间,如果在定时中断来到之前接收到传感器节点发来的数据,就从数据包内读出传感器节点的物理地址放入一个存放传感器节点物理地址的数组里,每一个传感器节点物理地址都是唯一的,正常工作阶段网络协调器会通过这个地址和传感器节点通信;然后向该传感器节点发送确认信号同时定时器重新开始定时等待下一个传感器节点的数据;如果在定时的这段时间没有接收到传感器节点的回复信号,说明没有传感器节点需要加入这个网络,则进入下一个阶段;

传感器节点一开始会在一个固定的频段上处于低功耗接收模式,当接收到一个网络协调器发送的广播信号以后,就从广播信号的数据包里读出该网络协调器的物理地址,这是网络协调器的唯一地址,会在以后的通信过程中使用;同时从传感器节点的射频通信模块中的 RSSI 寄存器里读出信号强度值,然后转换到下一个频道等待接收另一个网络协调器的广播信号,当接收到两个网络协调器的广播信号后,传感器节点对两个信号的信号强度进行比较,然后选择加入信号强度较大的那个网络协调器所在的网络,保证网络连接的可靠性;

传感器节点选择好网络以后就利用 ALOHA 协议的方式进行组网,ALOHA 协议是最早最基本的无线通信协议,主要思想是站点有数据就发送到信道上,如果没有接受到回复信号则等待一个随机的时间段再次发送,如果再次遇到冲突则再次等待,直到重复发送成功为止;传感器节点就利用这种方式向网络协调器发送信号,该信号的数据包里携带了传感器节点的物理地址以便网络协调器可以在随后的通信过程中利用;完成组网以后传感器节点就进入低功耗的接收模式,等待下一个阶段的命令;

#### (2) 调整阶段

对于用电池供电的传感器节点,为达到节省功耗延长电池寿命的目的,用能正常通信的最小发射功率进行通信,其射频通信模块的发射功率被划分了七个级别,发射功率调整从最大发射功率向下调整,网络协调器会向传感器节点发送调整功率命令,该命令的数据包里包含传感器节点要调整到的功率级数,传感器节点就把发射功率调到数据包里规定的级别向网络协调器发送回复信号,如果网络协调器接收到回复信号就会让传感器节点发射功率再调小一级;为了保证通信的有效性,如果网络协调器接收不到回复信号就会再次发送一次,连续发送三次,如果始终都收不到回复信号,网络协调器先判断该传感器节点是不是调整到最高发射功率值,如果是在最高发射功率值就认为这个传感器节点不可用,会向上位机发出报修的信号,如果不是最高发射功率值,网络协调器就会让该传感器节点向上调整一个功率级数;因为之前传感器节点已经能在这个发射功率上正常通信了,这样就会

保证了传感器节点始终以能正常通信的最小发射功率通信；

### (3) 正常工作阶段

正常工作阶段会进行数据采集和休眠,数据采集采用轮询的方式,网络协调器和传感器节点都会进行同步定时,以便传感器节点醒来以后,网络协调器能及时向它发送数据采集的命令;网络协调器会为每个传感器节点维护一个通信状态标志位,每一次通信过程都会更新此标志位,每次通信前网络协调器都会查询此标志位,如果发现上次通信没成功,网络协调器会对该传感器节点发起调整功率的指令,如果传感器节点调整到最高发射功率都无法正常通信,网络协调器就会报告给上位机此传感器节点出现异常,请求人为处理;

在定时的过程中,网络协调器能够接受来自上位机的命令,如果有来自上位机需要修改休眠时间的命令,网络协调器与传感器节点进行完数据收集以后会再次发送休眠命令,其数据包里就包含了新的休眠时间,如果不需要修改休眠时间,传感器节点还会按照原来的时间进行休眠;网络协调器在不采集数据的时间,会发送广播信号,以便收集新加入的节点和通信不上的节点,这样增加了整个系统的鲁棒性和链路自愈性。

## 基于 IEEE802.15.4g 的无线自组网系统及工作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于 IEEE802.15.4g 的无线自组网系统及工作方法,属于物联网及无线传感技术领域。

### 背景技术

[0002] 智能电网技术是出现于 21 世纪的一种新型电子技术,提升了 20 世纪电网基础设施,使家庭和企业与公共设施间能够进行双向通讯。目前,有旨在推进近距离无线通信标准化的 IEEE 802.15 工作组中任务组 4 已经开始制定以智能电表通信方式为目标的名为“SUN (Smart Utility Networks/ Smart Utility Neighborhood)”的补充标准 IEEE802.15.4g。该补充标准的制定,将有利于大大降低智能仪器仪表的通信时的功耗,而且有助于增加传输的可靠性。本发明基于 IEEE802.15.4g 的底层标准,设计出一套超低功耗的自组网无线传感网络系统,系统的组网方式简洁,功耗低,具有很强的鲁棒性和链路自愈能力,适合在工业控制、无线计量和环境监测等方面使用。

[0003] 在《山东理工大学学报(自然科学版)》2009 年第 23 卷第 2 期李彬,李业德,程海涛发表的《低功耗无线测温系统的设计》一文中所描述的低功耗无线测温系统,该系统选用集射频与微控制器于一身的无线单片机 CC2430,软件上采用 ZigBee 协议栈,构成了结构简单、功耗低的星型网络,完成了网络各节点间的通信。尽管该系统具有良好的节能性、较好的稳定性,但还存在以下不足:

[0004] 1、ZigBee 协议栈本身存在一定的弊端,例如若网络协调器因掉电或其他原因不能正常工作,需要重启时,此时所有传感器节点都需要重新启动,否则传感器节点会尝试连接到其他网络中。还有如果需要组成较为复杂的树状或者网格网络时,则消耗的功率必然会增大,而且网络链路会相对的不可靠。

[0005] 2、由于国内 ZigBee 使用的频段是 2.4GHz,该频段相比于 1GHz 以下频段,其传输距离短,传输过程衰减大,信号的穿透、绕射能力弱,而且多路径传播负面效应较大,另外该频段目前已经十分拥挤,还存在 WIFI、蓝牙等多种不同标准,相互之间的干扰较大。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于跟踪前沿标准的基础上克服现有技术的不足,提出了一种基于 IEEE802.15.4g 的无线自组网系统及工作方法。本发明采用名为 SUN 的 IEEE802.15.4g 作为底层通信标准,构成由多个星形网络组成的网络系统及工作方法。

[0007] 本发明所采用的技术方案如下:

[0008] 一种基于 IEEE802.15.4g 的无线自组网系统,主要包括上位机、网络协调器和传感器节点,其特征在于网络协调器包括微处理器、射频通信模块、电源模块,其中微处理器和射频通信模块相连接,电源模块分别和微处理器及射频通信模块相连接以为其供电,微处理器经串口转 USB 和上位机相连接;传感器节点包括微处理器、射频通信模块、传感器和电源,其中微处理器分别和射频通信模块及传感器相连接,电源分别和微处理器、传感器及

射频通信模块相连接以为其供电；传感器节点分布在被监测地区的不同地点，局部区域内的传感器节点与其相近的一个网络协调器组成一个星形网络，由多个星形网络构成无线自组网系统。

[0009] 所述的射频通信模块是 CC1120 射频通信模块。

[0010] 所述的传感器节点中的传感器是温度传感器、湿度传感器、气敏传感器中的一种或其组合。

[0011] 所述的传感器节点中的电源型号为 HCB ER14250 锂电池，所述的网络协调器中的电源模块型号为景赛 JS-700K-5V1A 电源适配器。

[0012] 一种上述无线自组网系统的工作方法，上位机对整个系统进行配置和调度，每一个网络协调器控制一个由传感器节点组成的星形网络，网络协调器负责星形网络的建立、管理和维护工作，同时还负责与上位机进行数据通信，接收上位机的监控命令并对星形网络中的传感器节点进行调度，并将从传感器节点采集的环境监测参数上传至上位机，以方便管理人员实时掌握被监测地区的各项环境参数；传感器节点分布在被监测地区的不同地点，负责采集监测地点的各类环境参数，通过其无线射频模块将数据发送给网络协调器；整个系统工作过程分为上位机和网络协调器通信、网络协调器和传感器节点通信两部分，其中上位机和网络协调器通信的具体工作方法步骤如下：

[0013] a. 系统上电初始化，上位机通过串口向网络协调器发送组网命令，网络协调器就会发送广播信号，传感器节点收到广播信号后就会和离它比较近的网络协调器联系，进而完成组网；

[0014] b. 组网完成以后，上位机向网络协调器发送调整功率命令，网络协调器就会依次和它负责的传感器节点进行发射功率的动态调整，使传感器节点达到能正常通信的最小发射功率；

[0015] c. 调整完发射功率以后，上位机向网络协调器发送休眠命令和休眠时间指令，网络协调器就会依次向传感器节点发送休眠命令和休眠时间指令，网络协调器和传感器节点同步定时，传感器节点进入休眠状态，这样初始化阶段完成；

[0016] d. 传感器节点休眠时间到了以后，会被定时中断唤醒，此时网络协调器也会被定时中断唤醒，然后依次向传感器节点发送采集命令，传感器节点接收到采集命令就会采集环境参数然后回传给网络协调器，网络协调器会向传感器节点发送休眠命令和休眠时间指令，传感器节点再次进入休眠状态，网络协调器收集完所有传感器节点采集的数据以后一并传递给上位机，然后网络协调器重新进入定时状态；

[0017] 如果网络协调器在正常工作阶段收到上位机发来的命令，网络协调器会对命令进行如下处理：

[0018] i. 如果是添加新传感器节点命令，网络协调器会发送广播信号，新传感器节点收到广播信号以后通过对比广播信号的强度选择信号强度比较大的网络协调器所在的网络，完成添加新传感器节点的工作；

[0019] ii. 如果是修改休眠时间命令，网络协调器首先把休眠时间保存起来，等到下次发送休眠信号的时候把该休眠时间发送给传感器节点；

[0020] 网络协调器和传感器节点通信的具体工作方法步骤如下：

[0021] (1) 组网阶段

[0022] 在组网阶段,每个网络协调器在不同的频段上发送一段时间的广播信号,该广播信号的数据包包含网络协调器自身的物理地址,发送完广播信号就进入低功耗接收模式,同时开启定时器,等待一个足够长的时间,如果在定时中断来到之前接收到传感器节点发来的数据,就从数据包内读出传感器节点的物理地址放入一个存放传感器节点物理地址的数组里,每一个传感器节点物理地址都是唯一的,正常工作阶段网络协调器会通过这个地址和传感器节点通信;然后向该传感器节点发送确认信号同时定时器重新开始定时等待下一个传感器节点的数据;如果在定时的这段时间没有接收到传感器节点的回复信号,说明没有传感器节点需要加入这个网络,则进入下一个阶段;

[0023] 传感器节点一开始会在一个固定的频段上处于低功耗接收模式,当接收到一个网络协调器发送的广播信号以后,就从广播信号的数据包里读出该网络协调器的物理地址,这是网络协调器的唯一地址,会在以后的通信过程中使用;同时从传感器节点的射频通信模块中的 RSSI 寄存器里读出信号强度值,然后转换到下一个频道等待接收另一个网络协调器的广播信号,当接收到两个网络协调器的广播信号后,传感器节点对两个信号的信号强度进行比较,然后选择加入信号强度较大的那个网络协调器所在的网络,保证网络连接的可靠性;

[0024] 传感器节点选择好网络以后就利用 ALOHA 协议的方式进行组网,ALOHA 协议是最早最基本的无线通信协议,主要思想是站点有数据就发送到信道上,如果没有接受到回复信号则等待一个随机的时间段再次发送,如果再次遇到冲突则再次等待,直到重复发送成功为止;传感器节点就利用这种方式向网络协调器发送信号,该信号的数据包里携带了传感器节点的物理地址以便网络协调器可以在随后的通信过程中利用;完成组网以后传感器节点就进入低功耗的接收模式,等待下一个阶段的命令;

#### [0025] (2) 调整阶段

[0026] 对于用电池供电的传感器节点,为达到节省功耗延长电池寿命的目的,用能正常通信的最小发射功率进行通信,其射频通信模块的发射功率被划分了七个级别,发射功率调整从最大发射功率向下调整,网络协调器会向传感器节点发送调整功率命令,该命令的数据包里包含传感器节点要调整到的功率级数,传感器节点就把发射功率调到数据包里规定的级别向网络协调器发送回复信号,如果网络协调器接收到回复信号就会让传感器节点发射功率再调小一级;为了保证通信的有效性,如果网络协调器接收不到回复信号就会再次发送一次,连续发送三次,如果始终都收不到回复信号,网络协调器先判断该传感器节点是不是调整到最高发射功率值,如果是在最高发射功率值就认为这个传感器节点不可用,会向上位机发出报修的信号,如果不是最高发射功率值,网络协调器就会让该传感器节点向上调整一个功率级数;因为之前传感器节点已经能在这个发射功率上正常通信了,这样就会保证了传感器节点始终以能正常通信的最小发射功率通信;

#### [0027] (3) 正常工作阶段

[0028] 正常工作阶段会进行数据采集和休眠,数据采集采用轮询的方式,网络协调器和传感器节点都会进行同步定时,以便传感器节点醒来以后,网络协调器能及时向它发送数据采集的命令;网络协调器会为每个传感器节点维护一个通信状态标志位,每一次通信过程都会更新此标志位,每次通信前网络协调器都会查询此标志位,如果发现上次通信没成功,网络协调器会对该传感器节点发起调整功率的指令,如果传感器节点调整到最高发射

功率都无法正常通信,网络协调器就会报告给上位机此传感器节点出现异常,请求人为处理;

[0029] 在定时的过程中,网络协调器能够接受来自上位机的命令,如果有来自上位机需要修改休眠时间的命令,网络协调器与传感器节点进行完数据收集以后会再次发送休眠命令,其数据包里就包含了新的休眠时间,如果不需要修改休眠时间,传感器节点还会按照原来的时间进行休眠;网络协调器在不采集数据的时间,会发送广播信号,以便收集新加入的节点和通信不上的节点,这样增加了整个系统的鲁棒性和链路自愈性。

[0030] 上述 RSSI 是英文 Received SignalStrength Indicator 的缩写,汉语意思是接收信号强度指示。

[0031] 本发明的优点主要有:一是能够完成系统的自动组网,随机分布的节点可以根据广播信号强度选择网络协调器;二是网络协调器和传感器节点的发射功率动态调整,保证整个过程传感器节点始终以能正常通信的最小发射功率工作,达到最大化节能的目的;三是链路自愈,传感器节点与网络协调器失去联系后始终处于低功耗的接收模式下,很容易通过接收广播信号再次进入网络同时节省了功耗延长了工作时间;四是网络中任何一个传感器节点出现问题都不会影响整个网络的运行,具有极强的鲁棒性;五是网络结构简单,没有复杂的组网方式和路由协议,数据透明传输,最大化的减少数据采集节点的能量消耗。

#### 附图说明

[0032] 图 1 是本发明系统中星型网络拓扑结构图。

[0033] 其中:1、网络协调器,2、传感器节点,3、上位机。

[0034] 图 2 是本发明系统的网络协调器的结构示意图。

[0035] 其中:4、微处理器,5、射频通信模块,6、电源模块,7、串口转 USB。

[0036] 图 3 是本发明系统的传感器节点的结构示意图。

[0037] 其中:8、微处理器,9、射频通信模块,10、传感器,11、电源。

#### 具体实施方式

[0038] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明,但不限于此。

[0039] 实施例 1:

[0040] 本发明实施例如图 1-3 所示,一种基于 IEEE802.15.4g 的无线自组网系统,主要包括上位机 3、网络协调器 1 和传感器节点 2,其特征在于网络协调器 1 包括微处理器 4、射频通信模块 5、电源模块 6,其中微处理器 4 和射频通信模块 5 相连接,电源模块 6 分别和微处理器 4 及射频通信模块 5 相连接以为其供电,微处理器 4 经串口转 USB7 和上位机 3 相连接;传感器节点 2 包括微处理器 8、射频通信模块 9、传感器 10 和电源 11,其中微处理器 8 分别和射频通信模块 9 及传感器 10 相连接,电源 11 分别和微处理器 8、传感器 10 及射频通信模块 9 相连接以为其供电;传感器节点 2 分布在被监测地区的不同地点,局部区域内的传感器节点 2 与其相近的一个网络协调器 1 组成一个星形网络,由多个星形网络构成无线自组网系统。

[0041] 所述的射频通信模块 5 和 9 是 CC1120 射频通信模块。

[0042] 所述的传感器节点 2 中的传感器 10 是温度传感器和湿度传感器。



[0043] 所述的传感器节点 2 中的电源型号为 HCB ER14250 锂电池, 所述的网络协调器 1 中的电源模块 6 型号为景赛 JS-700K-5V1A 电源适配器。

[0044] 实施例 2 :

[0045] 和实施例 1 相同, 只是所述的传感器节点 2 中的传感器 10 是温度传感器、湿度传感器和二氧化碳气敏传感器。

[0046] 实施例 3 :

[0047] 和实施例 1 相同, 只是所述的传感器节点 2 中的传感器 10 是温度传感器和乙烷气敏传感器。

[0048] 实施例 4 :

[0049] 一种上述无线自组网系统的工作方法, 上位机对整个系统进行配置和调度, 每一个网络协调器控制一个由传感器节点组成的星形网络, 网络协调器负责星形网络的建立、管理和维护工作, 同时还负责与上位机进行数据通信, 接收上位机的监控命令并对星形网络中的传感器节点进行调度, 并将从传感器节点采集的环境监测参数上传至上位机, 以方便管理人员实时掌握被监测地区的各项环境参数; 传感器节点分布在被监测地区的不同地点, 负责采集监测地点的各类环境参数, 通过其无线射频模块将数据发送给网络协调器; 整个系统工作过程分为上位机和网络协调器通信、网络协调器和传感器节点通信两部分, 其中上位机和网络协调器通信的具体工作方法步骤如下:

[0050] a. 系统上电初始化, 上位机通过串口向网络协调器发送组网命令, 网络协调器就会发送广播信号, 传感器节点收到广播信号后就会和离它比较近的网络协调器联系, 进而完成组网;

[0051] b. 组网完成以后, 上位机向网络协调器发送调整功率命令, 网络协调器就会依次和它负责的传感器节点进行发射功率的动态调整, 使传感器节点达到能正常通信的最小发射功率;

[0052] c. 调整完发射功率以后, 上位机向网络协调器发送休眠命令和休眠时间指令, 网络协调器就会依次向传感器节点发送休眠命令和休眠时间指令, 网络协调器和传感器节点同步定时, 传感器节点进入休眠状态, 这样初始化阶段完成;

[0053] d. 传感器节点休眠时间到了以后, 会被定时中断唤醒, 此时网络协调器也会被定时中断唤醒, 然后依次向传感器节点发送采集命令, 传感器节点接收到采集命令就会采集环境参数然后回传给网络协调器, 网络协调器会向传感器节点发送休眠命令和休眠时间指令, 传感器节点再次进入休眠状态, 网络协调器收集完所有传感器节点采集的数据以后一并传送给上位机, 然后网络协调器重新进入定时状态;

[0054] 如果网络协调器在正常工作阶段收到上位机发来的命令, 网络协调器会对命令进行如下处理:

[0055] i. 如果是添加新传感器节点的命令, 网络协调器会发送广播信号, 新传感器节点收到广播信号以后通过对比广播信号的强度选择信号强度比较大的网络协调器所在的网络, 完成添加新传感器节点的工作;

[0056] ii. 如果是修改休眠时间命令, 网络协调器首先把休眠时间保存起来, 等到下次发送休眠信号的时候把该休眠时间发送给传感器节点;

[0057] 网络协调器和传感器节点通信的具体工作方法步骤如下:

**[0058] (1) 组网阶段**

**[0059]** 在组网阶段,每个网络协调器在不同的频段上发送一段时间的广播信号,该广播信号的数据包包含网络协调器自身的物理地址,发送完广播信号就进入低功耗接收模式,同时开启定时器,等待一个足够长的时间,如果在定时中断来到之前接收到传感器节点发来的数据,就从数据包内读出传感器节点的物理地址放入一个存放传感器节点物理地址的数组里,每一个传感器节点物理地址都是唯一的,正常工作阶段网络协调器会通过这个地址和传感器节点通信;然后向该传感器节点发送确认信号同时定时器重新开始定时等待下一个传感器节点的数据;如果在定时的这段时间没有接收到传感器节点的回复信号,说明没有传感器节点需要加入这个网络,则进入下一个阶段;

**[0060]** 传感器节点一开始会在一个固定的频段上处于低功耗接收模式,当接收到一个网络协调器发送的广播信号以后,就从广播信号的数据包里读出该网络协调器的物理地址,这是网络协调器的唯一地址,会在以后的通信过程中使用;同时从传感器节点的射频通信模块中的 RSSI 寄存器里读出信号强度值,然后转换到下一个频道等待接收另一个网络协调器的广播信号,当接收到两个网络协调器的广播信号后,传感器节点对两个信号的信号强度进行比较,然后选择加入信号强度较大的那个网络协调器所在的网络,保证网络连接的可靠性;

**[0061]** 传感器节点选择好网络以后就利用 ALOHA 协议的方式进行组网,ALOHA 协议是最早最基本的无线通信协议,主要思想是站点有数据就发送到信道上,如果没有接受到回复信号则等待一个随机的时间段再次发送,如果再次遇到冲突则再次等待,直到重复发送成功为止;传感器节点就利用这种方式向网络协调器发送信号,该信号的数据包里携带了传感器节点的物理地址以便网络协调器可以在随后的通信过程中利用;完成组网以后传感器节点就进入低功耗的接收模式,等待下一个阶段的命令;

**[0062] (2) 调整阶段**

**[0063]** 对于用电池供电的传感器节点,为达到节省功耗延长电池寿命的目的,用能正常通信的最小发射功率进行通信,其射频通信模块的发射功率被划分了七个级别,发射功率调整从最大发射功率向下调整,网络协调器会向传感器节点发送调整功率命令,该命令的数据包里包含传感器节点要调整到的功率级数,传感器节点就把发射功率调到数据里规定的级别向网络协调器发送回复信号,如果网络协调器接收到回复信号就会让传感器节点发射功率再调小一级;为了保证通信的有效性,如果网络协调器接收不到回复信号就会再次发送一次,连续发送三次,如果始终都收不到回复信号,网络协调器先判断该传感器节点是不是调整到最高发射功率值,如果是在最高发射功率值就认为这个传感器节点不可用,会向上位机发出报修的信号,如果不是最高发射功率值,网络协调器就会让该传感器节点向上调整一个功率级数;因为之前传感器节点已经能在这个发射功率上正常通信了,这样就会保证了传感器节点始终以能正常通信的最小发射功率通信;

**[0064] (3) 正常工作阶段**

**[0065]** 正常工作阶段会进行数据采集和休眠,数据采集采用轮询的方式,网络协调器和传感器节点都会进行同步定时,以便传感器节点醒来以后,网络协调器能及时向它发送数据采集的命令;网络协调器会为每个传感器节点维护一个通信状态标志位,每一次通信过程都会更新此标志位,每次通信前网络协调器都会查询此标志位,如果发现上次通信没成

功,网络协调器会对该传感器节点发起调整功率的指令,如果传感器节点调整到最高发射功率都无法正常通信,网络协调器就会报告给上位机此传感器节点出现异常,请求人为处理;

[0066] 在定时的过程中,网络协调器能够接受来自上位机的命令,如果有来自上位机需要修改休眠时间的命令,网络协调器与传感器节点进行完数据收集以后会再次发送休眠命令,其数据包里就包含了新的休眠时间,如果不需要修改休眠时间,传感器节点还会按照原来的时间进行休眠;网络协调器在不采集数据的时间,会发送广播信号,以便收集新加入的节点和通信不上的节点,这样增加了整个系统的鲁棒性和链路自愈性。

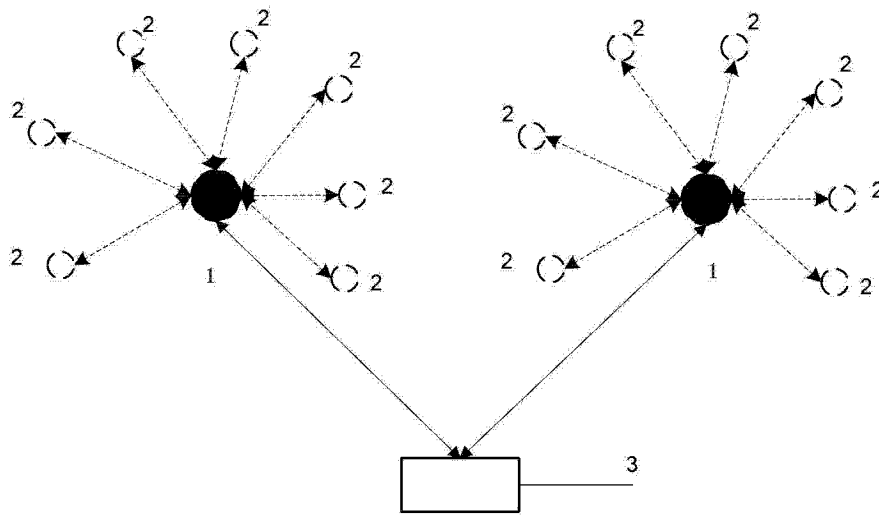


图 1

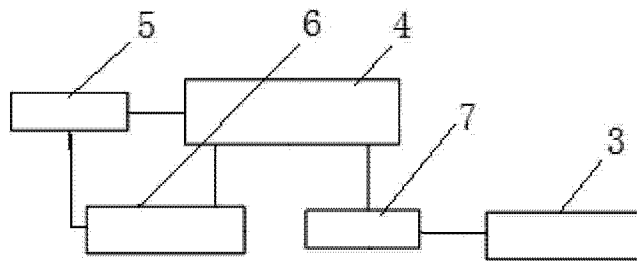


图 2

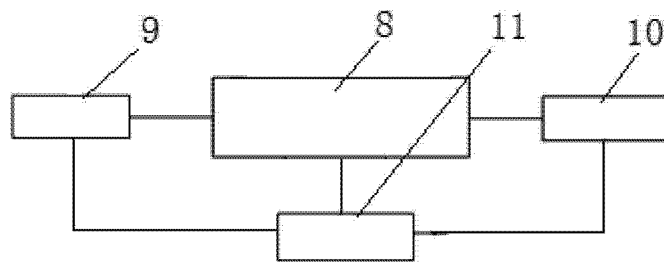


图 3