

一种应用于林业监测的链式分簇无线传感器网络

张浩平

(南京林业大学 信息科学技术学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 介绍了无线传感器网络在林业监测应用中的优势,提出了适合于林区监测的、基于链式分簇的无线传感器网络的布设方案,并描述了基于 ZigBee 网络协议的方案实现。

关键词: 物联网;林业监测;链状分簇;无线传感器网络;ZigBee 技术

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)17-0062-03

Chain-cluster wireless sensor network application in the forestry monitor

ZHANG Hao Ping

(School of Information Science Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: This paper introduced application superiority of wireless sensor network in forestry monitoring, proposed a build plan suits in forest monitoring and based on the chain-cluster wireless sensor network. It described implementation of this plan based on the ZigBee network protocol.

Key words: internet of thing; forestry monitor; chain-cluster; wireless sensor network; ZigBee technology

在林业环境监测系统的应用中,无线传感器网络技术有着独特的优势。无线传感器网络具有成本低、体积小、功耗低、可靠性强等特点,在监测区域内部署大量的微型传感器节点,经由无线通信方式形成一个网络系统,从而实现网络覆盖区域内感知对象的信息的采集、量化、融合和传输的功能,是传统的在线监测系统所不能比拟的。

2002年,英特尔公司率先在俄勒冈建立了世界上第一个无线葡萄园。传感器节点被分布在葡萄园的每个角落,每隔1min检测1次土壤温度、湿度或该区域有害物的数量,以确保葡萄可以健康生长。同年英特尔研究实验室研究人员曾经将32个小型传感器Mote连进互联网,用于监测观察缅因州“大鸭岛”上动物的栖息地环境,来评价一种海燕巢的条件,并且长时间搜集光线、温度等环境气候因子的变化资料^[1]。但无线传感器网络在林业监测中的应用尚处于起步阶段,在大面积的林区采用无线传感器网络进行环境监测,还有很多问题尚待解决。

1 ZigBee 技术

ZigBee 是一种短距离、架构简单、低功耗和低速率的无线通信技术。ZigBee 联盟于 2005 年 6 月公布了无

线个人局域网络标准之一的 ZigBee 协议,它具有高通信效率、低复杂度、低功耗、低成本、高安全性及全数字化等优点,成为最适合构建低速率无线传感器网络(WSN)的标准之一。ZigBee 的物理层、MAC 层和链路层采用了 IEEE 802.15.4(个人无线局域网)协议标准,并在此基础上进行了进一步的完善;工作在采用直接序列扩频的工业科学医疗(ISM)频段,即 2.4 GHz、915 MHz、868 MHz 的免执照频段,非常适用于无线传感器网络。

此外,ZigBee 工作在低耗电待机模式下,一块普通的碱性电池可支持一个节点工作 6 个月到 2 年的时间,这是 ZigBee 的突出优势,特别适用于低成本的传感器网络。把它放入森林里,可以长时间对环境的数据进行收集,不需频繁地更换电池^[2]。

CC2430 是 TI 公司推出的新一代 ZigBee 无线单片机系列芯片。CC2430 除了包括 RF 收发器外,还集成了加强型 8051 单片机、具有 2/64/128 Kb 可编程闪存和 8 Kb 的 RAM 以及 ADC、看门狗等。CC2430 可工作在 2.4 GHz 频段,采用低电压(2.0~3.6 V)供电,待机时电流消耗仅 0.2 μA,但灵敏度高达 -91 dBm、最大输出为 +0.6 dBm、最大传送速率为 250 Kb/s。CC2430 仅需添加少量的外围

网络与通信 Network and Communication

元件就可以完成 ZigBee 通信功能的硬件实现。

2 系统设计

在林区建立 WSN 首先遇到的问题就是如何布设 WSN 节点。林区的特点是面积大、地形复杂、环境恶劣,这给在林区布设无线传感器网络带来了很大的困难。有人提出用随机抛洒的方式^[4],笔者认为这种方式弊大于利,首先是由于抛洒的不均匀性,会导致有的节点因为与邻接节点的距离过远而无法收到信号,成为孤点而失效;其次由于林区的地形复杂,有很多的陡坡和深谷,在水流和大风的影响下,节点会发生位移,严重时会有大量的节点因失去联系而成为失效的孤点,影响系统的稳定性。更为重要的是,一段时间后,随着电池的耗尽,大量的节点失效,不得不进行新的抛洒。而那些大量含有废电池和电子元器件的失效节点无法回收,任其长期滞留在森林里,将会造成严重的环境污染。

因此,节点的布设必须用人工的方式进行,而且要进行良好的固定,并设置明显的标志,失效的电池必须予以回收。尽管这会大大增加工作量,但保护森林的生态环境是第一位的。

无线传感器节点在林区的环境下,无线发射的覆盖范围只有 50~100 m 左右,一平方公里的区域就需要布设 100~200 个节点,而一个林区的面积往往有几十甚至上百平方公里,需要布设成千上万个节点。众多的节点会造成频繁的无线信道的争用冲突,导致重发的概率大大提高,从而降低通信效率,增加了节点的功耗。

为此,本文提出一种基于链状分簇的传感器节点布设方案,网络拓扑结构如图 1 所示。传感器节点以林区的边沿外围为起点,向林区的深处以链状的形式进行布设,每一条链为一个簇,簇头(ZigBee 的网络协调器)固定设在林区的边沿外围(如林区的公路),必须有稳定的电源供电(如太阳能电池或交流电),并配有大功率无线收发模块,负责收集本簇各个节点所采集的数据,并上传给远处的控制中心基站,同时接收来自基站的控制命令。

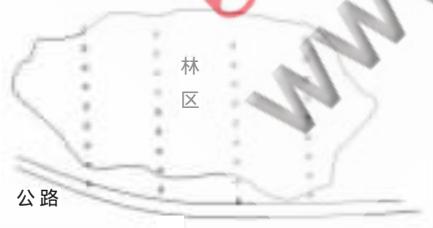


图 1 网络拓扑结构

传感器节点所采集的数据经过融合后沿着节点链逐跳传递给簇头。为了防止因链中某个节点失效而导致断链的现象,节点与节点之间的距离应小于 30 m,一旦某节点失效,失效节点的前、后节点之间的距离依然在无线收发有效范围,因此可加大前、后节点的发射强度直接建立连接,进行隔跳传输。

链簇与链簇之间尽可能地拉开距离,避免相互之间

的无线信号干扰,以便尽可能降低信道争用冲突的概率。

3 系统实现

在 ZigBee 中,网络节点有三种类型:网络协调器 ZC、路由器 ZR 和终端节点 ZED。一个簇中必须有且只能有一个 ZC(簇头)。在本方案中,除了簇头和最远端(即簇链的末端)的一个节点为 ZED 之外,其余节点均为 ZR,可根据需要在某些 ZR 节点上安装传感器,用来采集环境数据,其余节点可不安装传感器,主要用来转发数据。

从簇头向簇链的末端方向传输数据称为下行,反之向簇头方向传输数据称为上行。相对每个节点而言,上行方向相邻的那个节点称为该节点的父节点,下行方向相邻的那个节点称为该节点的子节点。因此,除簇头没有父节点和簇链末端的节点没有子节点外,每个节点均有一个父节点和一个子节点。

系统的协议栈由物理层、MAC 层、网络层和应用层构成,如图 2 所示。应用层负责环境数据的采集、数据融合和唤醒周期的控制;网络层负责网络的建立和维护、节点的管理和数据的传输;MAC 层负责数据包的发送和接收、信道的扫描和评估、发射功率的控制和能量检测;CC2430 及外围硬件电路构成物理层。

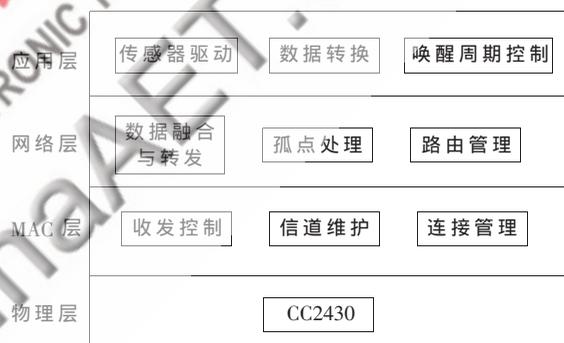


图 2 系统结构

3.1 网络建立过程

ZED 由于配有稳定的电源,始终处于苏醒状态,随时可以接收来自基站的最新唤醒周期表和节点路由表,以及时钟同步值,并及时下发给每个节点。每个节点配有一个静态的地址,地址由簇标识和节点号组成,节点路由表给出每个节点的地址和相对位置,一般情况下,每个节点只与自己的父节点和子节点通信。

每当安装好一个新节点后,人工开启新节点的父节点,使新节点与父节点建立连接,并接收父节点下发的唤醒周期表、节点路由表和时钟同步值,直至所有节点都建立好连接。

3.2 数据传输过程

为降低功耗,ZigBee 采用周期性唤醒的方式工作,所有节点严格按照唤醒周期表同步唤醒,完成数据传输后即进入休眠状态,并按照唤醒周期表决定下一次唤醒时间。数据传输过程如下:

(1)所有节点在同一时间同步唤醒。

(2)首先簇头启动下行连接流程,呼叫自己的子节点,建立连接,成功后,该子节点继续呼叫自己的子节点,直至所有节点都与自己的父节点建立好连接,如果此时有新的唤醒周期表或其他控制命令或信息需要下发,则在建立连接时同时下发。

(3)安装有传感器的节点在与自己的子节点建立好连接后即进行环境数据的采集操作,做好数据上传准备。

(4)最末端的节点采集好数据后即刻进行上行的数据传输流程,将数据传送给自己的父节点,父节点将自己的数据与子节点传来的数据合并后再传送给自己的父节点,直至所有数据汇集到簇头,由簇头传送给基站。每个节点完成向父节点的数据传输后即进入休眠状态。

3.3 网络的维护与管理

3.3.1 信道冲突的解决

在 WSN 中,如果在无线信号覆盖范围内两个或两个以上的节点同时使用了相同的信道进行发射,就会发生信道冲突,按照 ZigBee 的规范,信道冲突按照 CSMA-CA 协议进行退避和重发,频繁的信道冲突不仅增加了网络时延,也额外地消耗了节点的宝贵能量。本设计方案中,由于采用了链状的拓扑结构,每个节点在与自己的父节点建立好连接后再呼叫自己的子节点,在传送数据时收到子节点的数据后再向自己的父节点上传数据,因此一般情况下不会产生信道冲突。另外,簇与簇之间的距离可以足够大,或限定各个簇链使用不同的信道组,都可以避免簇与簇之间相互的信号干扰。但即使如此也不能完全排除其他原因(如孤点的恢复)可能产生的信道冲突,因此 MAC 层在发射前须进行信道的评估,如果发生信道冲突则按照 CSMA-CA 协议进行退避和重发。

3.3.2 孤点的处理

孤点是指因某种原因与网络失去联系的节点(包括因为电池失效或硬件故障的失效节点)。当某节点呼叫子节点 3 次均未收到子节点的响应,则认为该子节点已成为孤点。父节点保存此时所使用的唤醒周期表,然后加大发射功率直接呼叫孤点的子节点,如果成功则将该子节点划为自己的子节点,并在数据上传时向基站汇报。考虑到节点的失效未必是永久性的,例如由于干扰造成程序的紊乱,看门狗使能后即可恢复正常,因此有必要在下次唤醒时进行孤点恢复操作,其流程如下:

(1)由基站下达启动孤点恢复操作的命令。

(2)由孤点的原父节点执行孤点恢复操作的命令,该节点将按照所保存的旧唤醒周期表尝试向孤点进行呼叫,尝试的次数以基站下达的命令中给出。

(3)如果呼叫孤点成功,则恢复原有的网络拓扑结构,否则保持现有的网络拓扑结构。

(4)在下次上传数据时向基站汇报操作的结果。

3.3.3 节能措施

传感器节点采用电池供电的方式获取能源,在林区的环境下,频繁地给大规模的传感器节点更换电池是不现实的。因此,要考虑如何高效、合理地使用能源,以尽可能地延长电池的寿命。在本方案中,邻接节点的距离小于 30 m,尽管这样会增加节点的数目,从而增加成本,但这样做有几个明显的好处:(1)由于距离近,可以采用小功率的发射,可有效地节约能源。(2)小功率的发射可以降低信道冲突的概率,信道冲突的减少对能源的节约十分有利。(3)当某节点成为孤点时,与孤点相邻的上下两个节点可直接建立连接,有效地提高了网络的坚固性。

本文所提出的设计方案为物联网技术在林业环境监测中的应用提供了一条新思路。由于链状分簇的设计可以根据实际情况灵活地选择链簇的数目,从而有效地提高了系统建设的灵活性。同时,本方案在减少信道冲突和节约能源方面具有一定的优势。但本设计方案目前只是在实验室里进行了可行性实验,真正应用到实际环境中还会有很多问题,需要进一步研究解决。

参考文献

- [1] 叶慧坤.无线传感器网络及其在林业中的应用[J].福建林业科技,2009,36(3):253.
- [2] 靳仁昌,赵金川,包长春,等.基于 ZigBee 技术的森林防火预警系统设计[J].河北科技师范学院学报,2009,23(2):56.
- [3] 吕治安.ZigBee 网络原理与应用开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [4] 肖迎春.抛撒式森林防火监控网络[J].深圳职业技术学院学报,2007(3):25-28.

(收稿日期:2010-04-09)

作者简介:

张浩平,男,1957年生,副教授,硕士生导师,主要研究方向:计算机网络管理与应用。