

基于 ZigBee 的大型光电望远镜环境监测系统

吴庆林 王帅 乔兵

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

摘要: 为提高现代大型光电望远镜的成像能力,在分析了 ZigBee 技术的基础上设计了望远镜环境监测系统,用于监测望远镜使用环境的温湿度变化,为望远镜的调整提供依据,从而提高望远镜的控制效果和成像质量。经测试,该系统具有组网简单、扩展网络容易、通讯稳定等优点,采集环境信息快速、准确,达到系统设计的预期目标。

关键词: 环境监测;无线传感器网络; ZigBee

中图分类号: TP393; TN919 文献标识码: A

Environment monitoring system of large optoelectronic telescope based on ZigBee

Wu Qinglin Wang Shuai Qiao Bing

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, CAS, Changchun 130033)

Abstract: In order to improve imaging capability of the modern large optoelectronic telescope, the ZigBee technology is analyzed and then the telescope environment monitoring system is designed. It is used for monitoring temperature and humidity changes in the environment, which provides the basis for the adjustment of the telescope to improve the control performance and image quality of telescope. The system has simple networking, easy expansibility, and stable communications and is able to gather environmental information quickly and accurately, which meets the design target.

Keywords: environment monitoring; wireless sensor networks; ZigBee

0 引言

无线传感器网络^[1-3]是一种具有信息采集、传输、处理功能的综合智能信息系统,其主要特点包括低功耗、低成本、低传输率、自组网等。它是一种特殊的 Ad-hoc 网络,由若干无线传感器节点协同组织而成,这些节点具有数据采集、无线通讯和协同合作的能力,可应用于电源供给或布线困难以及人员不易到达的区域和临时场合等。无线传感器网络节点可以特定或随机的分布在相应的环境中,节点通过特定的协议组织起来进行通讯,可以获取周围环境的信息并相互协同工作完成特定任务。

ZigBee 是为低速率传感器和控制网络而设计的一种无线网络协议,是最适合无线传感器网络的标准。在众多行业有着巨大的应用潜力,如物流管理、环境监控、交通管理、医疗监控和军事侦察等^[4]。随着现代望远镜的不断大型化,整个系统变得异常复杂,环境的变化成为影响望远镜功能实现不可忽视的因素。尤其是以自适应光学为代表的新技术在大型光电望远镜上的应用,使得环境变化(如湿度的改变)对系统的影响越发敏感。只有实时掌握环境信息的变化才能有针对性的对系统施加控制,降低

或消除环境对系统的不利影响。因此,环境监测系统成为提高大型光电望远镜成像质量的重要组成部分^[5]。

本文在分析了 ZigBee 无线传感器网络的特点和关键技术的基础上,设计了基于 ZigBee 的无线传感器网络方案,用于大型光电望远镜的环境监测。

1 ZigBee 无线传感器网络

1.1 ZigBee 技术简介

ZigBee 协议具有低功耗、低成本、网络容量大的优点,已成为一门新兴的无线传感器网络技术,激发了国内外众多科技工作者的极大兴趣和关注。ZigBee 技术未来的发展潜力和应用价值被世界各大公司和研究机构普遍看好,因其具有以下优点^[6]:

1) 低成本。随着各大公司、研究机构对 ZigBee 技术的不断深入研究,目前的 ZigBee 芯片产业已形成一定的规模,使得 ZigBee 模块的价格越来越低。

2) 低功耗。由于受到软硬件的限制,ZigBee 协议的传输速率很低,且具有休眠模式,设备非常节能,2 节 AA 电池就可以使用 6 个月到 2 年的时间,这一特点是其他任何通信设备都无可比拟的。

3) 时延短。ZigBee 网络搜索时延为 30 ms, 设备接入时延为 15 ms, 休眠激活时延为 15 ms。可见, ZigBee 技术完全适用于对实时性要求非常苛刻的工业控制领域。

4) 高安全性。ZigBee 技术具有基于循环冗余校验 (CRC) 的数据包完整性检查功能, 支持认证和鉴权, 采用可靠的加密算法, 有效保证数据的安全性。

5) 网络容量大。1 个 ZigBee 网络连接地址码分为 16 bit 短地址和 64 bit 长地址, 可接入多个网络节点, 且可动态自组织网络。

在 ZigBee 技术协议中, 其体系结构一般由层来量化各个简化标准。每层负责完成相应的任务, 并向上一层提供服务, 各层间的接口通过协议规定的逻辑链路来完成服务。ZigBee 协议的体系结构主要包括物理层 (PHY)、媒体接入控制层 (MAC)、网络/安全层及应用框架层, 各层间的关系如图 1 所示。

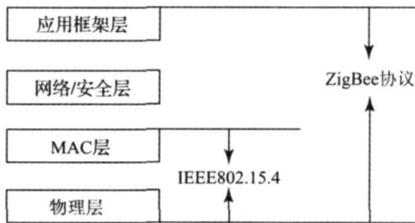


图 1 ZigBee 技术协议

物理层的主要功能是启动和关闭无线收发器、信道选择、信道清除、能量检测以及通过物理媒介对数据包进行发送和接收; 媒体接入控制层的作用包括信标管理、时隙管理、确认帧发送、连接及断开请求发送等, 且为应用必要的安全机制提供方法; 网络层的主要作用是建立和维护网络连接, 它能够独立处理传入数据的请求、关联和解除关联; 应用层主要是为 ZigBee 技术的实际应用提供应用框架模型, 以便实现对 ZigBee 技术的开发应用。

1.2 无线传感器网络

目前, 无线传感器网络已经在军事、医疗、空间探索以及人们的日常生活中得到了广泛的应用。1 个典型的无线传感器网络由无线传感器节点、网络协调器和中央控制节点组成。大量传感器节点特定或随机的部署在监测区域内, 通过自组织形成网络。无线传感器节点的监测数据沿着路由传感器节点进行传输, 传输过程中数据可能被多个节点处理, 经过多跳后传输到网络协调器, 最后到达中央控制节点。在此过程中, 部分传感器节点既充当监测节点, 又充当数据转发的路由节点, 用户通过中央控制节点对整个传感器网络进行配置管理, 发布监测任务并收集处理监测数据。图 2 给出了 1 个典型无线传感器网络的结构。

根据不同需求利用 ZigBee 技术可组成树型、星型或网状的无线传感器网络。

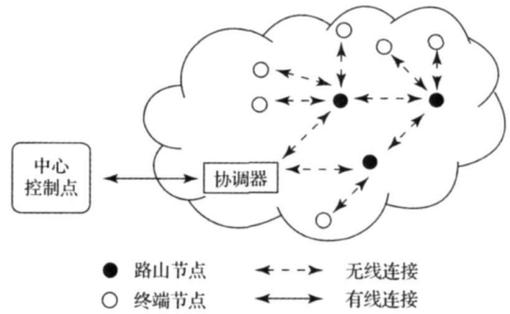


图 2 无线传感器网络结构

2 大型光电望远镜的环境监测系统设计

2.1 设计需求

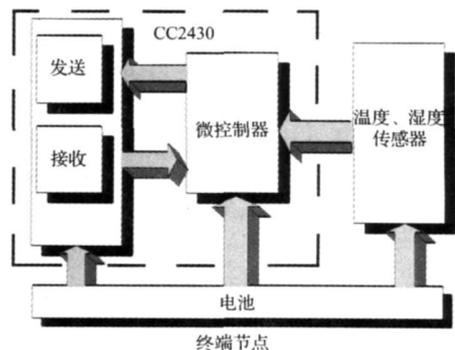
想要设计出数据采集精度高、抗干扰能力强、功耗低的监测系统来实现大型光电望远镜周围环境温湿度的监测, 系统需要实现的主要功能包括: 无线传感器节点采集监测数据, 并转换成物理数据, 通过 ZigBee 协议栈的每层协议和算法传输数据; 各无线节点可以自动组织网络, 某些节点的损坏或故障不会影响其他节点, 保证了整个网络的正常工作; 当用户发出指令需要得到当前数据时, 各节点能够准确迅速的将结果反馈至用户; 系统应能够保证相对较长的工作时间, 网络生命周期最大限度的延长。

2.2 系统设计

1) 基于 CC2430 芯片的硬件设计^[7,8]

通常情况下, ZigBee 无线传感器节点是由 ZigBee 射频模块、处理器、传感器和电源模块组成的。随着芯片技术的不断发展和进步, 目前已出现了将射频模块和处理器模块集成在同一个芯片中的无线单片机。挪威 T+Chipcon 公司生产的 CC2430 芯片就是典型代表, 它集成了 ZigBee 射频模块、ROM 和 8051 单片机在一个芯片内, 且尺寸仅为 7 mm × 7 mm, 使得设备集成度高、外形尺寸小、外围器件少; 在收发模式下, 工作电流低于 25 mA, 支持 4 种休眠模式, 大大降低了系统功耗; CC2430 的射频模块工作于 2.4 GHz 的免费频段, 且芯片价格很低, 整体使用成本低。

因此, CC2430 芯片非常符合 ZigBee 无线传感器网络的设计需求^[9-12]。基于 CC2430 设计的终端节点和中心节点如图 3 所示。



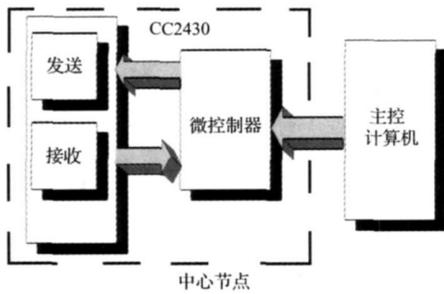


图 3 基于 CC2430 的终端节点和中心节点

本网络是由 255 个 ZigBee 终端节点和 1 个 ZigBee 中心节点(协调器)搭建而成的星型无线传感器网络,由终端节点上的温、湿度传感器采集环境温湿度信息并通过无线芯片发送到中心节点,中心节点将收到的信息及时反馈到主控计算机进行处理。整个网络结构如图 4 所示。

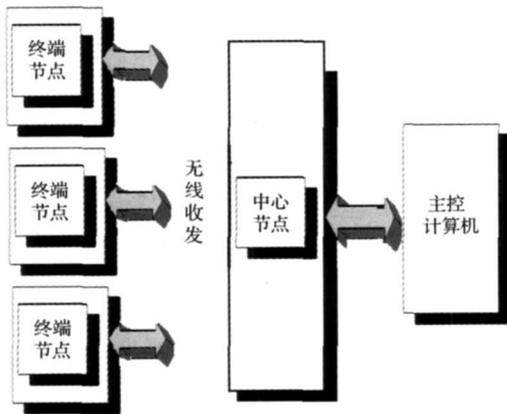


图 4 温、湿度监测无线传感器网络结构

2) 软件设计

本系统的软件设计流程如图 5 所示。系统上电后进行软件和硬件的初始化配置,等待各节点自组网成功后系统为每个终端节点分配唯一的地址,温、湿度传感器根据系统配置要求开始工作,采集信息后通过终端节点传送到中心节点,中心节点再将数据汇总传输到主控计算机,由主控计算机进行数据处理。当数据采集完毕后,终端节点自动进入周期性休眠状态,等待系统唤醒指令到达后进入下一次数据采集周期。

2.3 试验结果

将本系统应用到大型光电望远镜的环境室内对环境温湿度进行实地测量,系统共包含监测点 255 个,每隔 10 s 进行 1 次温湿度采集,2 次采集期间节点进入休眠状态,以降低功耗。对特定时段内测量结果加权平均后动态显示并进行存储,作为望远镜系统参数调整的依据。监测数据采集和统计时段可根据不同使用环境通过软件自由设置。表 1 给出了某一时刻的测量结果。

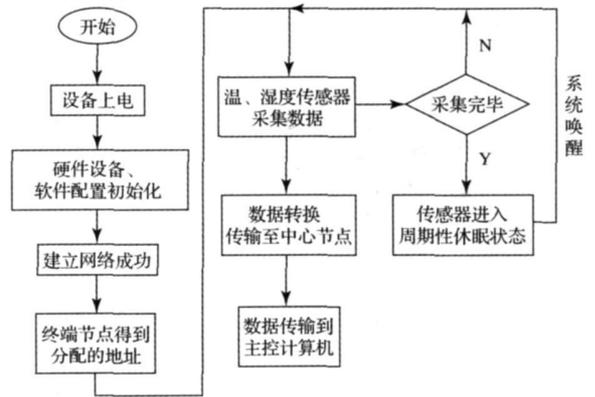


图 5 软件设计流程

表 1 环境温湿度监测结果

监测点	温度/℃	湿度(%)
0X01	25.3	52
0X02	25.7	51
0X03	26.1	50
0X04	26.0	54
0X05	34.3	38
⋮	⋮	⋮
0X0F	26.1	50
⋮	⋮	⋮
0XFF	25.9	51

从实测结果可以看出,整个系统工作稳定,测量结果较为准确。其中,监测点 0X05 位于驱动电机附近,因此测定温度较高,湿度较小,符合实际情况。

3 结 论

ZigBee 作为一种新兴的低成本、低功耗、大容量的无线网络技术,以该技术为基础设计的无线传感器网络可应用于大型光电望远镜的环境监测,能够实现对环境温、湿度的自动采集、传输和处理,从而为望远镜的调整提供有效依据,提高望远镜的控制效果和成像质量。经测试,该系统具有组网简单、易于网络扩容、通讯稳定等优点,采集环境信息快速、准确,达到了系统设计的预期目标。

参 考 文 献

[1] 陈贻焕,宋闽,陈佳琪,等.一种基于 ARM7 的无线传感器网络[J].国外电子测量技术,2010,29(6):54-56.
 [2] 孙利民.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005:25-53.
 [3] 王殊,阎毓杰,胡富平,等.无线传感器网络的理论与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
 [4] 蒋挺,赵成林.紫蜂技术及其应用[M].北京:北京邮

- 电大学出版社, 2006: 44-108.
- [5] 韩立昌, 徐欣圻. 大型天文望远镜环境温度数据采集系统的设计[J]. 计算机工程, 2006, 21(6): 283-285.
- [6] 瞿雷, 刘盛德, 胡咸斌. ZigBee 技术及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 13-25.
- [7] 张晴晖, 李俊菽, 张宏翔, 等. 基于 ZigBee 的环境监测系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(1): 46-48.
- [8] 戴善溪, 张效民. 基于 ZigBee 技术的数字式温湿度监测网络设计[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(2): 47-49.
- [9] TI-Chipcon. CC2430 preliminary data sheet (rev. 2.0) [EB/OL]. (2006). <http://www.chipcom.com>.
- [10] 丁英强, 孙雨耕, 李婷雪. 基于多维校正的无线传感器网络多维标度定位算法[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(5): 1002-1008.
- [11] 彭宇, 宋佳, 彭喜元. 无线传感器网络故障管理架构设计方法概述[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(11): 1-10.
- [12] 武永胜, 王伟, 沈昱明. 基于 ZigBee 技术的无线传感器网络组网设计[J]. 电子测量技术, 2009, 32(11): 121-124.

作者简介

吴庆林, 男, 1980 年 10 月出生, 工学博士, 助理研究员, 主要研究方向为大型光电设备的伺服和电子学。

E-mail: wuql@ciomp.ac.cn

(上接第 67 页)

- [2] 乔立岩, 陈利彬, 彭喜元. 基于 IP 核的 SpaceWire-PCI 通信卡设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(10): 918-923.
- [3] PARKES S M, ARMBRUSTER P. SpaceWire: A spacecraft onboard network for real-time communications [C]. The 14th IEEE NPSS Real Time Conference, 2005: 6-10.
- [4] 李硕佳, 王剑峰, 王竹平. SpaceWire 路由器动态加权轮询仲裁器的设计与实现[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(11): 124-127.
- [5] SAPONARA S, PETRI E, TONARELLI M, et al. FPGA-based networking systems for high data-rate and reliable in-vehicle communications [C]. France: Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition, 2007: 1-6.
- [6] 毛春静, 关永, 星载. SpaceWire 路由器的研究与设计[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(8): 1904-1909.
- [7] PETRI E, SAPONARA S, TONARELLI M, et al. Mitigating radiation effects on ICs at device and architectural levels: the SpaceWire router case study [C]. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2007: 3310-3315.
- [8] PARKES S, ARMBRUSTER P. SpaceWire: spacecraft onboard data-handling network [J]. Acta Astronautica, 2010, 6(6): 88-95.
- [9] BARONTI F, PETRI E, SAPONARA S, et al. Design and verification of hardware building blocks for high-speed and fault-tolerant in-vehicle networks [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2011, 58(3): 792-801.
- [10] SAPONARA S, L'INSALATA N E, BACCHILLONE T, et al. Hardware/software FPGA-based network emulator for high-speed on-board communications [C]. 11th EUROMICRO Conference on Digital System Design Architectures, 2008: 353-359.
- [11] SAPONARA S, FANUCCI L, TONARELLI M, et al. Radiation tolerant SpaceWire router for satellite on-board networking [J]. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2007, 22(5): 3-12.
- [12] 王新军, 王柱山. 基于 FPGA 的某电台检测控制器设计[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(3): 44-46.
- [13] 刘岩俊, 闫海霞. HDLC 通讯协议中 CRC 的应用[J]. 电子测量技术, 2010, 33(3): 21-23.
- [14] 洪雷, 沈怀荣, 葛利嘉, 等. 基于 FPGA 实现的超宽带无线通信跳时控制器研究[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(1): 115-119.

作者简介

张毅刚, 男, 1953 年出生, 工学硕士, 教授, 主要研究方向为数字信号处理、嵌入式处理的应用等。

刘伟伟, 男, 1985 年出生, 哈尔滨工业大学在读研究生, 主要研究方向为 SpaceWire 总线应用设计等。