

ZigBee无线传感器网络在TWP3风廓线雷达系统中的应用

吴维¹ 吴艳锋¹ 商量² 张焱¹ 段士军¹ 陆雅萍¹

(1 北京敏视雷达有限公司, 北京 100094; 2北京理工大学, 北京 100081)

摘要: 风廓线雷达状态信息、机房室内外环境信息的采集与上传是十分必要的。传统方案是利用主控计算机串口, 采用RS232或RS422等有线通信协议读取这些信息。这种方案存在布线繁琐、计算机串口数量有限、传感器数量不易增加等缺点。ZigBee无线传感器网络是物联网技术中的一种。通过采用ZigBee芯片CC2538将雷达状态监视器和室内外环境信息检测电路板设置为网络终端节点, 将雷达主控计算机连接ZigBee通信模块设置为网络协调器, 组建了一个小型的星形ZigBee无线传感器网络。该网络通信可靠、布线简单、节省串口、扩容方便, 为TWP3风廓线雷达进一步拥抱物联网提供了思路。

关键词: 风廓线雷达, ZigBee, 物联网, 无线传感器网络, CC2538, 电磁兼容

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.04.002

Application of ZigBee Wireless Sensor Network in the TWP3 Wind Profile Radar System

Wu Wei¹, Wu Yanfeng¹, Shang Liang², Zhang Yao¹, Duan Shijun¹, Wang Yadong¹

(1 Beijing Metstar Radar Co., Ltd., Beijing 100094 2 Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: It is of importance to collect and upload wind profiler radar status as well as indoor and outdoor environment. The traditional scheme is to read the information through the serial port of the master computer, based on the cable communication protocols such as RS232 or RS422. This scheme has the disadvantages of complicated wiring, limited number of computer serial ports, and difficulty in increasing the number of sensors. The ZigBee wireless sensor network is a new scheme. The radar status monitor and indoor and outdoor environment information detection circuit board are set to network terminal nodes with the ZigBee chip CC2538. The master computer is installed with a ZigBee communication module into network co-ordinator. A small star-shaped ZigBee wireless sensor network is established. The network communication is reliable, the wiring is simple, the serial port is saved, and the expansion is convenient, which provides an idea for the further Internet-of-Things transformation of wind profiler radar.

Keywords: wind profile radar, ZigBee, internet of things, wireless sensor network, CC2538, electromagnetic compatibility

0 引言

风廓线雷达是利用大气湍流对电磁波的“散射”作用对大气风场等物理量进行探测的一种遥感设备^[1]。TWP3风廓线雷达是一款边界层风廓线雷达, 支持24 h无人值守全自动运行。雷达状态信息及机房室内外环境信息的采集与上传是十分必要的^[2]。传统方案是利用计算机串口, 采用RS232或RS422等有线通信协议读取雷达状态监视器或每一路传感器的数据。这种方案存在布线繁琐、计算机串口数量有限、传感器数量不易增加等缺点^[3]。

万物互联的物联网思想提供了另外的方案, 通过建立一个无线传感器网络也可以实现状态信息的感知、识别、监视和应用。针对TWP3风廓线雷达技术特点综合对比几种无线网络方案, ZigBee技术有其独到之处。

1 ZigBee技术简介

ZigBee是一种短距离无线通信协议, 使用868 MHz、915 MHz和2.4 GHz这3个ISM (Industrial、Scientific and Medical: 工业、科学和医疗) 工作频段, 可在全球范围内免费使用^[4]。和WiFi相比, ZigBee成本低、功耗低; 和蓝牙相比, ZigBee传输距离长、开发难度小。目前ZigBee无线网络已经广泛应用于智能家居、智慧农业、智慧交通、医院监护、工

收稿日期: 2018年12月27日; 修回日期: 2019年5月14日
第一作者: 吴维 (1982-), Email: wei.wu@metstar.net

业自动化等物联网领域。

1.1 ZigBee 技术体系

ZigBee协议在开放系统互连（Open System Interconnection, OSI）参考模型的基础上，结合无线网络的特点，采用分层的思想实现，如图1所示。

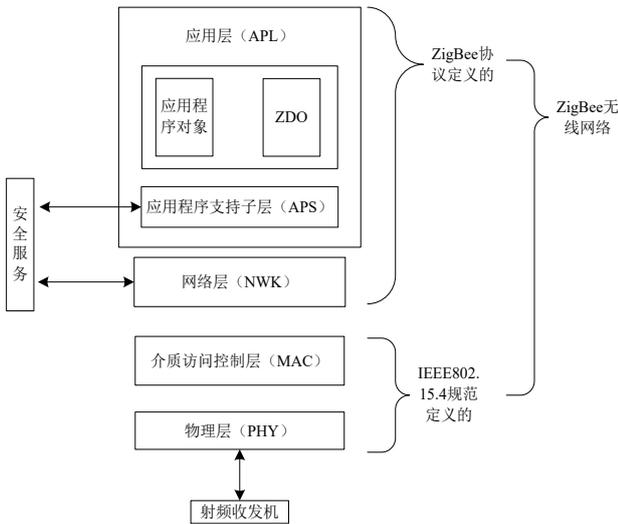


图1 ZigBee无线网络各层示意图

Fig. 1 Schematic diagram of each layer of the ZigBee wireless network

可以看出，ZigBee无线网络共分为5层：物理层、介质访问控制层、网络层、应用程序支持子层以及应用层。其中，IEEE802.15.4定义了物理层和介质访问控制层的数据传输规范，ZigBee协议定义了网络层、应用程序支持子层以及应用层的数据传输规范^[5]。

1.2 ZigBee 无线网络拓扑形式

ZigBee技术具有强大的组网能力，可以组成星形、树形和网状网^[6]，如下图2所示。

星形拓扑是最简单的一种拓扑形式，包含一个协调器（Co-ordinator）节点和一系列的终端（End Device）节点。每一个End Device节点只能和Co-ordinator节点进行通信。如果需要在两个End Device节点之间进行通信，必须通过Co-ordinator节点进行信息的转发。树形拓扑包括一个Co-ordinator以及一系列的Router（路由器）和End Device节点。Co-ordinator连接一系列的Router和End Device，它的子节点的Router也可以连接一系列的Router和End Device，这样可以重复多个层级。网状拓扑（Mesh拓扑）包含一个Co-ordinator和一系列的Router以及End Device。这种网络拓扑支持路由节点之间直接通信，一旦某个路由路径出现问题，信息可以自动沿其他路由路径继续传输^[7]。

星形和树形网络适合单点对多点、距离相对较近的应用。Mesh网状网络支持复杂的网络组合，可以覆

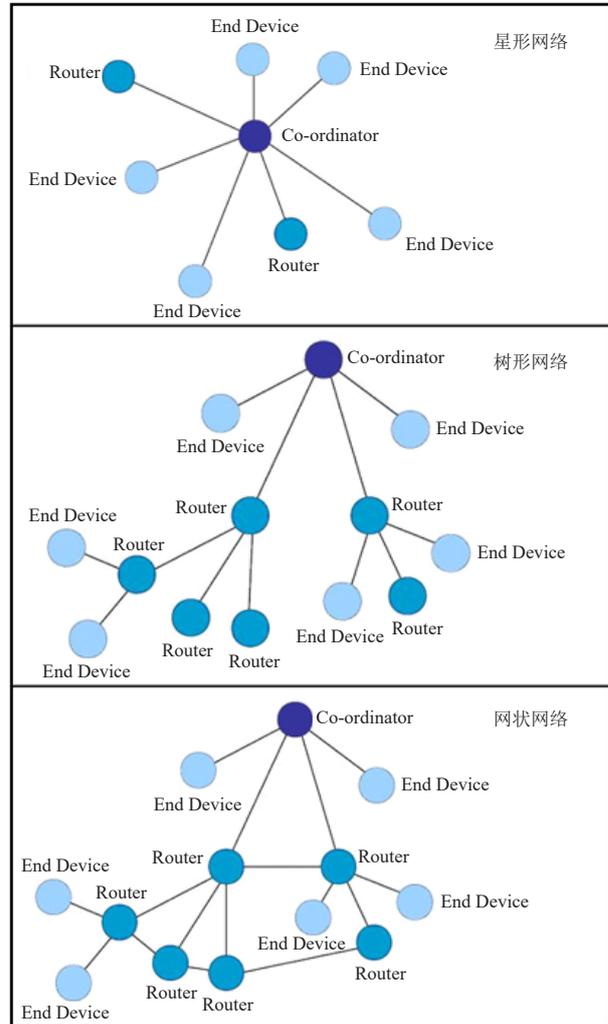


图2 ZigBee3种网络拓扑结构

Fig. 2 Three network topologies of the ZigBee

盖更广阔的范围以及更多的设备^[8]。

2 TWP3风廓线雷达ZigBee无线传感器网络组建

结合TWP3风廓线雷达的特点，选择组建星形网络。主控计算机作为协调器，雷达状态监视器、室内外环境信息采集板分别作为3个终端节点。

2.1 ZigBee 无线通信电路板的设计及室内外环境信息检测的实现

组建ZigBee无线传感器网络，需要有相关硬件和软件支持。硬件方面，美国TI公司SimpleLink™平台推出了支持ZigBee协议的CC2538芯片，这是一枚基于ARM Cortex-M3内核的单片机片上系统（SoC），强大的计算能力以及丰富的外设，使得此芯片特别适合数据采集及控制方面的应用。软件方面，TI公司也推出了相应的Z-stack协议栈^[9]。只要在编写CC2538芯片程序时集成并调用Z-stack协议栈的函数，就可以设定

电路板在无线传感器网络中的类型，实现无线通信，同时可以利用芯片上的外设实现信息采集和控制的功能。

TWP3风廓线雷达室内环境信息包括温度、湿度以及烟雾报警这3个变量。室外环境信息包括温度、烟雾报警和GPS信号这3个变量。综合考虑TWP3风廓线雷达的无线传感器网络需求，利用CC2538芯片设计一块电路板，预留温度传感器、湿度传感器、烟雾报警器以及RS232的接口，其中RS232接口可以和GPS传感器、状态监视器或者主控计算机通信。为了增加灵活性，此电路设计为直流电源或电池双供电模式。得益于CC2538芯片的超低功耗特性，作为终端节点使用时，采用4节5号电池供电，此电路可以工作半年以上时间^[10]。

设计的ZigBee无线通信电路板功能框图如图3所示。

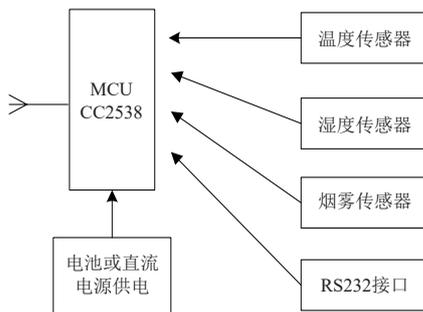


图3 ZigBee无线通信电路板功能框图

Fig. 3 Functional block diagram of ZigBee wireless communication circuit board

TWP3风廓线雷达进行室内外环境信息检测时，室内外各放置一块ZigBee无线通信电路板，根据需要连接相应传感器，即可实现预期功能。程序方面，需要将负责室内外环境信息检测的电路板设置为网络终端节点。

2.2 状态监视器的改造

TWP3状态监视器负责采集雷达自身状态信息，包括交流电电压、模拟电路直流电压、数字电路直流电压及雷达各个模块的状态信息。以前状态监视器电路通过RS232串口和计算机串口进行通信，现在令状态监视器电路通过RS232串口将信息传给ZigBee无线通信电路板，再由ZigBee无线通信电路板加入无线传感器网络。这种方案，硬件电路方面几乎不用修改，软件程序方面，需要将与状态监视器相连的ZigBee无线通信电路板设置为网络终端节点。TWP3状态监视器作为网络终端节点的框图如图4所示。

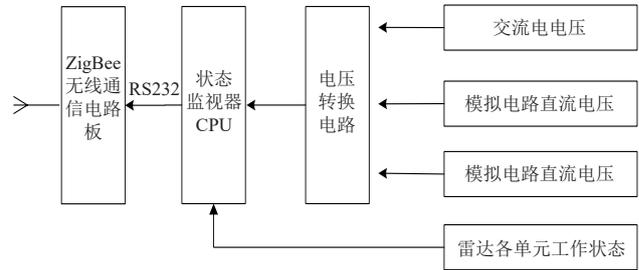


图4 TWP3状态监视器作为网络终端节点

Fig. 4 TWP3 status monitoring unit as network terminal node

2.3 主控计算机的改造

室内外环境信息检测电路板和状态监视器都被设置为网络终端节点，ZigBee无线传感器网络中的协调器就由主控计算机担任。将ZigBee无线通信电路板设置为协调器，通过RS232串口与计算机串口相连，计算机可以像使用串口一样通过ZigBee无线通信电路板读取网络终端节点的数据。

2.4 无线传感器网络工作流程

ZigBee无线传感器网络协调器和终端节点的工作流程如图5所示。

主控计算机通过网络协调器轮询状态监视器、室内、外环境信息检测电路，就可以得到所需的信息。鉴于这些信息重要性和优先级不同，状态监视器的信息每2 s读取一次，室内环境信息每分钟读取1次，室外环境信息每5 min读取1次。对于采用电池供电的电路，可以令CC2538间歇进入低功耗模式，这样可以显著延长电池的使用寿命^[10]。

3 ZigBee无线传感器网络在TWP3风廓线雷达应用效果

在实际应用中，ZigBee无线传感器网络每小时的通信次数就可以达到上千次。一个月的试用期内，即使天气条件恶劣，ZigBee无线传感器网络也能将数据稳定、可靠地上传至主控计算机。对于电磁兼容问题，一方面，TWP3风廓线雷达接收通道前端配置 (1290 ± 2) MHz的腔体滤波器，中频放大器后端配置 (60 ± 1) MHz的LC滤波器，ZigBee的频谱不会影响雷达工作；另一方面，雷达自身发射频谱也被有效控制，雷达发射机静态噪声 < -110 dBm/MHz，杂散 < -60 dBm，雷达也不会影响ZigBee无线传感器网络^[11]。实际使用中，TWP3风廓线雷达通过WPCS软件读取ZigBee无线传感器网络的数据，如图6所示。

4 结论

ZigBee无线传感器网络是实现物联网的方案之一。通过在TWP3风廓线雷达应用ZigBee无线传感器

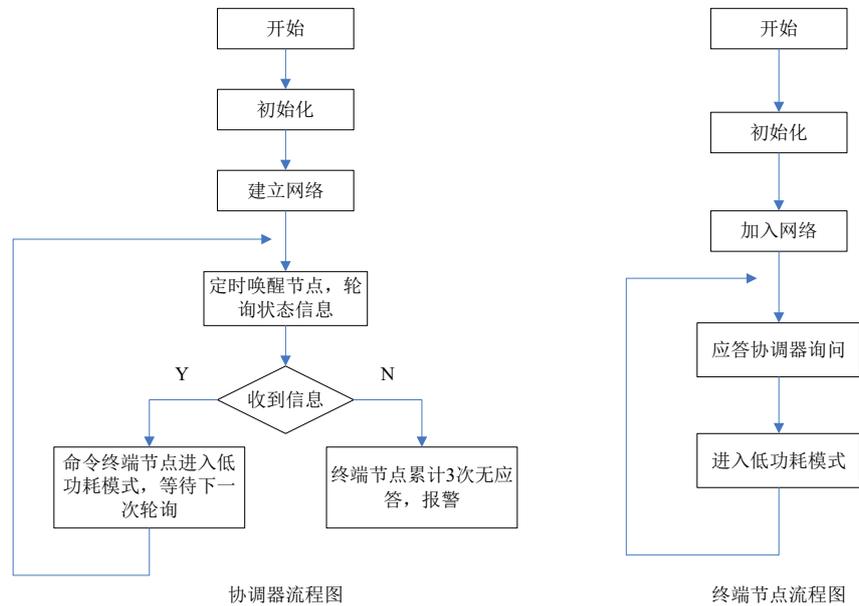


图5 ZigBee无线传感器网络协调器和终端节点的工作流程

Fig. 5 Workflow of the ZigBee wireless sensor network coordinator and terminal node



图6 WPCS软件读取ZigBee无线传感器网络的数据

Fig. 6 Data reading from the ZigBee wireless sensor network using the software WPCS

网络, 解决了传统方案布线繁琐、计算机串口数量有限、传感器数量不易增加等问题。实际使用中还发现, 某些风廓线雷达和自动气象站相邻, 而某些自动气象站或站内某些探测设备也支持ZigBee无线网络协议^[12]。将自动气象站的信息和雷达的信息互相融合,

综合处理, 会不会产生新的应用和收获? 万物互联的物联网, 一定会助力气象设备取得新的发展。

参考文献

- [1] 何平. 相控阵风廓线雷达. 北京: 气象出版社, 2006.
- [2] 陈浩君, 黄兴友, 王亚东, 等. 上海TWP3型边界层风廓线雷达探测性能评估. 气象科技, 2015, 43(3): 355-360.
- [3] 北京敏视达雷达有限公司. TWP3型边界层风廓线雷达手册(上). 北京: 北京敏视达雷达有限公司, 2010.
- [4] Heydon R. 低功耗蓝牙开发权威指南. 陈灿峰, 刘嘉, 译. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [5] 谭晖. 低功耗蓝牙技术快速入门. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2016.
- [6] 李文仲, 段朝玉. ZigBee无线网络技术入门与实践. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [7] 赵芸, 张浩, 彭道刚. ZigBee无线网络技术的应用. 机电一体化, 2007(4): 34-38.
- [8] Jing S, Zhang X. Study of ZigBee wireless mesh networks// International Conference on Hybrid Intelligent Systems. 2009.
- [9] 孙鲁, 籍芳, 陈凯, 等. 基于CC2538和Contiki的无线传感器网络设计. 物联网技术, 2015(3): 21-23.
- [10] 戴由旺, 李增有, 韦俞锋. 基于ZigBee的低功耗无线传感节点设计与实现. 现代电子技术, 2011, 34(18): 121-123.
- [11] 石铁峰, 顾淡云. 1kWUHF声电测风雷达系统全固态发射机. 现代雷达, 1996(4): 67-75.
- [12] 徐兵, 唐慧强. 基于ZigBee的自动气象站系统的设计. 微计算机信息, 2009, 25(3): 154-155.