

# 对 EPA 控制网络接入 ZigBee 节点的设计

## Design of ZigBee Node Accessing to EPA Control Network

陈 鹏 付敬奇 王海宽

(上海大学机电工程与自动化学院,上海 200072)

**摘 要:** 在 EPA 网络接入设备中,针对无线局域网、蓝牙等通信技术在工业测控中的传输、功耗、性能和安全性等方面所存在的缺点,在分析了 EPA 标准和 ZigBee 技术的基础上,给出了 ZigBee 节点接入 EPA 测控网络的实现方案。在 AT91R40008 的嵌入式系统控制下,对 ZigBee 到 EPA 控制网络的网关接入节点进行了软硬件设计,实现了符合标准规范的 ZigBee 终端 EPA 网络接入点,并构建了集成 EPA 和 ZigBee 的测控网络验证和试验系统。试验验证了该方案的可行性。

**关键词:** EPA ZigBee 网络集成 无线接入 网关接入点 以太网控制器

**中图分类号:** TP393 **文献标志码:** A

**Abstract:** Aiming at the disadvantages existing in transmission, power consumption, performance and security of communication technologies such as wireless LAN, Bluetooth, etc., for EPA network access equipment, and on the basis of analyzing EPA standard and ZigBee technology, the implementation scheme of ZigBee node accessing to EPA measurement and control network is given. Under the control of AT91R40008 embedded system, the software and hardware of gateway accessing node for ZigBee accessing to EPA control network are designed, and EPA network accessing point for ZigBee terminal that conforms standard specifications is implemented, and the validation and test system of the measurement and control network integrating EPA and ZigBee is established. The feasibility of this scheme is verified by experiments.

**Keywords:** Ethernet for plant automation (EPA) ZigBee Network integration Wireless access Gateway access point Ethernet controller

## 0 引言

无线网络通信技术的高速发展及其所带来的成本低廉、维护简单、使用方便等优势,使得无线现场总线或有线现场总线的无线扩展成为工业网络通信研究和应用的热点<sup>[1]</sup>。在 EPA 实时以太网标准中,无线局域网技术和蓝牙技术的特点限制了它们的推广应用,而 ZigBee 技术具有低成本、低功耗、高可靠性、组网方便简捷的综合优势,是当前无线传感器网络的首选技术之一。将 ZigBee 技术与 EPA 技术融合,不但可将无线通信应用于有线通信布线困难的场合,还可以在在一定程度上替代有线通信,在降低成本的同时,提高系统传感测量的灵活性<sup>[2]</sup>。ZigBee 和 EPA 技术的融合,使得旋转、振动部件、移动设备的监测等问题可以得到很好的解决,从而充分发挥无线网络与实时以太网的优势,为现有无线技术在工业应用方向上的功能扩展奠定技术基础。

## 1 ZigBee 接入 EPA 网络的方案

根据网络协议参考模型以及网络工业应用的信息

层次划分,异构网络集成技术包含中继器、网桥、网关、OPC 数据接口等多种形式。Cena G 等人提出了利用网关实现 IEEE 802.11 对主流现场总线和工业以太网进行无线扩展的方法<sup>[3]</sup>。Zhong T 等人设计了 FF 总线的扩展协议(wireless FF, WFF)。该协议底层采用了 IEEE 802.15.4,上层应用了 ZigBee 协议。WFF 网络与 FF 网络之间通过协议网关实现异构集成。

针对如何将 ZigBee 传感测量网络接入到 EPA 实时工业以太网,提出了系统集成组网方案,其网络结构如图 1 所示。

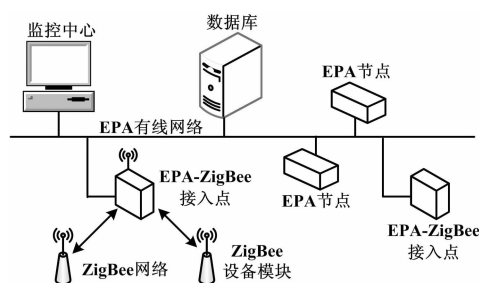


图 1 ZigBee 接入 EPA 网络结构图

Fig. 1 Architecture of ZigBee accessing to EPA network

EPA 工业以太网段由连接于实时调度网段的 EPA 终端节点、连接监控 PC 的 EPA 网桥、监控 PC 以及数据库服务器等构成,其中,EPA-ZigBee 网关接入

上海市科委攻关基金资助项目(编号:11dz1121602)。

修改稿收到日期:2011-08-29。

第一作者陈鹏(1986-),男,现为上海大学检测技术与自动化装置专业在读硕士研究生;主要从事传感器的智能化、网络化方面的研究。

点在 EPA 网络中作为普通 EPA 终端功能呈现<sup>[4]</sup>。ZigBee 网络作为 EPA 工业以太网的检测终端扩展,具有一般 ZigBee 网络的特征,但对其结构和规模进行了简化构造,从而保证测控网络的实时性。无线网段主要由 EPA-ZigBee 接入点和 ZigBee 终端测量模块构成。其中,EPA-ZigBee 接入点在 ZigBee 网络中起到网络协调器的功能,而终端节点则是精简功能设备,网络支持星型、树状和网状等拓扑结构。

在该组网方案中,EPA-ZigBee 网关接入点是系统集成的重要设备,其连接了有线网络与无线网络,是实现两种网络之间协议转换和数据通信的关键部分。EPA-ZigBee 网关接入点具有的主要功能包括 EPA 调度、协议转换、ZigBee 组网及网络管理等。ZigBee 终端测量模块从现场采集数据,并对数据进行处理、打包,再通过 EPA-ZigBee 接入点上传到 EPA 网络系统。

## 2 ZigBee 接入 EPA 网络层次协议模型

EPA 网络通信协议的分层结构与 OSI 基本通信模型相比<sup>[5]</sup>,一方面在应用层上添加了 EPA 应用实体协议及功能块定义等用户层;另一方面在数据链路层采用了 EPA 通信调度管理实体,以解决 IEEE 802.3 标准以太网基于 CSMA/CD 所带来的通信时延不确定因素。ZigBee 底层采用 IEEE 802.15.4,通过无线信道的碰撞避免机制,能有效避免发送数据时的竞争和冲突,在一定程度上提高了传输性能。为简化通信协议、增强系统实时性和可靠性,设计了 EPA-ZigBee 网关接入点网络通信协议层次以及应用模型,如图 2 所示。

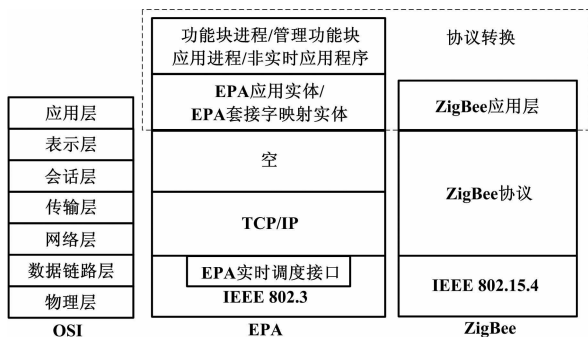


图 2 通信协议模型

Fig. 2 Communication protocol model

在分别完成各自网段协议的基础上,为应用层添加协议转换层,通过设计基于数据映射的周期性轮询数据更新机制,从而实现网关接入点的数据交换功能。协议转换层次模型采用共享数据区进行数据交换。其中,数据映射表一端对应无线网络的每一个节点,并根据其数据属性分为输入和输出类型;另一端则对应

EPA 节点区数据的输出区和输入区。当 EPA 网络按照宏周期的配置对网关接入点进行周期性轮询数据更新时,共享数据区的内容同时按照数据映射表进行更新操作。而无线 ZigBee 的数据通信则不影响 EPA 端口的数据交换,以实现网段协议转换的独立性。

## 3 EPA-ZigBee 接入点的设计和实现

### 3.1 硬件设计方案

EPA-ZigBee 网关接入点的硬件结构设计主要包括微控制器模块、以太网通信模块、ZigBee 通信模块和电源模块<sup>[6]</sup>,其硬件结构如图 3 所示。

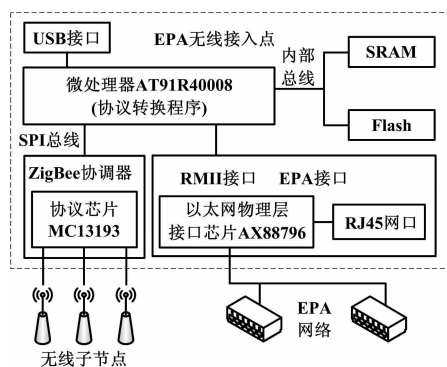


图 3 EPA-ZigBee 接入点硬件结构图

Fig. 3 Hardware structure of EPA-ZigBee access point

系统微处理器采用 ATMEL 公司生产的基于 ARM7TDMI 核的 32 位微控制器 AT91R40008 芯片,工作主频达到 50 MHz,并内嵌 256 kB 的静态存储器,具有低功耗、高性能以及能适应工业环境应用等优点。

工业以太网通信接口设计包括以太网控制器和集成网络变压器的 RJ45 接口。其中,以太网控制器 AX88796 内部集成 10/100 Mbit/s 自适应的物理层收发器和快速以太网 MAC 控制器,具有 128 kB 的 SRAM。微处理器可通过存储器直接访问其内部的 SRAM,实现数据交互,AX88796 通过内部的物理层,经由网络变压器完成与 EPA 网络上的数据通信。

ZigBee 通信模块是在 2.4 GHz ISM 频段工作的低功耗射频芯片,采用 Freescale 公司生产的 MC13193 芯片,支持点对点、星型和网状网络通信,主要负责数据采集和转发。

### 3.2 接入点软件设计

EPA-ZigBee 网关接入点的软件设计主要分为初始化、ZigBee 数据包处理、EPA 报文处理和协议转换更新处理 4 个部分<sup>[7]</sup>。该软件的具体结构如图 4 所示。

初始化模块包含系统硬件初始化和系统软件初始化。硬件初始化能够复位相关通信接口寄存器,其配

置 I/O 口,使能无线接收和发送;同时,其还能够对以太网控制器相应寄存器其他外围设备进行配置。系统软件初始化主要对 EPA 协议栈、ZigBee 协议栈以及协议转换涉及的数据缓冲、配置列表等进行初始化工作,其中配置参数在系统首次上电工作时为缺省值,在 ZigBee 传感终端等组成确定的系统网络后,网络和数据配置相关参数实例化,在系统重新启动或无线节点终端加入或退出等情况时,配置参数仍然保持。



图4 软件系统框图

Fig.4 Block diagram of software system

ZigBee 数据包处理模块在初始化成功后,开始接收数据包,并判断收到的 ZigBee 数据包是否合法。若不合法,则丢弃该数据;反之拆开数据包,并查看数据格式是否符合 EPA 协议所要求的格式。若其不符合 EPA 协议格式,即丢弃该报文;若其符合 EPA 协议,则将数据封装成 UDP 数据包,并向上位机发送该报文。

EPA 报文处理模块接收到报文后拆开数据包进行解析,若数据格式不符合 EPA 协议,即丢弃该报文;若符合,则查看是否存在报文中的 ZigBee 设备。若存在设备,即封装成 ZigBee 数据包并发送;若不存在,则丢弃该报文并返回错误信息<sup>[8]</sup>。

协议转换处理模块循环接收两个网段数据的更新,并按照数据映射表及相应属性进行处理。一方面,其将无线终端采集的数据上传 EPA 数据缓冲区;另一方面,其在 EPA 数据发生变化更新后,按照数据映射表对应关系,查找相应无线终端,再由 ZigBee 协调器将数据发送至该无线终端。

#### 4 ZigBee 接入 EPA 网络系统构建

为了测试和验证本文开发的 EPA-ZigBee 网关接入点,构建了由 ZigBee 接入 EPA 工业以太网所构成的异构网络平台。系统组成框图如图 5 所示。

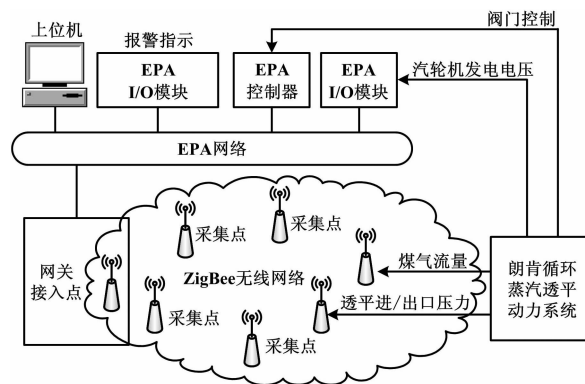


图5 系统组成框图

Fig.5 Schematic of the system

系统由无线网段、EPA 网络、无线网关接入点和蒸汽透平系统测控对象组成,其中,EPA 网段和无线网段分别包含了多个 I/O 测量节点,用以对测控对象进行数据采集和输出控制。

#### 5 结束语

通过对 EPA 标准和 ZigBee 技术的分析和研究,提出了 ZigBee 接入 EPA 构架下控制网络的实现方案。EPA 网络采用以太网标准协议,在加快协议栈开发进度的同时,降低了开发难度和开发成本。对于被安置在恶劣工业环境的现代工业设备,有线网络已经无法完全适应。因此,ZigBee 技术等无线网络的需求已经越来越受到业界的关注。本文开发的 ZigBee 接入 EPA 网络的设计研究是对现有 EPA 无线接入方式的重要补充,能够很好地解决有线带来的成本高、布线难的问题,使工业控制更加灵活、方便。

#### 参考文献

- [1] 曾鹏. 工业无线技术的标准化与应用[J]. 中国仪器仪表,2008(3): 40-44.
- [2] 曾文,王宏,徐皓冬. 基于 EPA 标准的无线通信技术的应用研究[J]. 测控自动化,2006,22(21): 47-49.
- [3] Cena G, Valenzano A, Vitturi S. Wireless extensions of wired industrial communications networks[C]//5th IEEE International Conference on Industrial Informatics[S. l.]:IEEE,2007:273-278.
- [4] 褚健,金建祥,冯冬芹,等. 用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构与通信标准[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [5] 王兰,梁杰申. 基于 EPA 的实时通信方案[J]. 机电工程技术,2008,27(5): 49-50.
- [6] 杨杰. 工业仪表 EPA 接口的设计与开发[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [7] 王泉,刘双梅,李敏,等. EPA 控制网络中 ZigBee 接入点的软硬件设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2006(8): 30-33.
- [8] 刘双梅,王泉,王平. ZigBee 接入 EPA 控制网络的研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2006(7): 17-20.