

ZigBee Wireless Technology and Its Applications in Electrical Energy Information Acquisition System

XU Wei¹, CAI Shi-long², YI Hao-yong³

1. 2. 3. NARI Group Corporation, Nanjing, China

1. xvwei@sgepri.sgcc.com.cn, 2. caishilong@sgepri.sgcc.com.cn, 3. yihaoyong@sgepri.sgcc.com.cn

Abstract: The paper introduces ZigBee wireless technology and its applications in electrical energy information acquisition system. This technology is provided with convenience for low cost, high reliability and excellent network capability, thus it is very suitable for distribution terminal design. This technology could be applied in extensively fields.

Key words: Wireless Communication Technology; Smart Grid; Electrical energy information acquisition system; Micropower Wireless; ZigBee

ZigBee 无线技术在用电信息采集系统中的应用

徐伟¹, 蔡世龙², 易浩勇³

1. 2. 3. 南瑞集团信息通信技术分公司, 南京, 中国, 211100

1. xvwei@sgepri.sgcc.com.cn, 2. caishilong@sgepri.sgcc.com.cn, 3. yihaoyong@sgepri.sgcc.com.cn

【摘要】在目前的用电信息采集系统建设中, 将应用多种通信技术。其中集中器与采集器间通信一般采用微功率无线或低压电力线载波方式。与载波方式相比, 微功率无线技术更加成熟, 可靠性也更高。本文介绍了一种微功率无线技术 ZigBee, 它具有成本低、通信可靠、组网方便等优点, 非常适合用于采集终端的设计中。该技术在用电信息采集系统建设时有很大的应用价值, 值得广泛推广。

【关键词】无线通信技术; 智能电网; 用电信息采集系统; 微功率无线; ZigBee

1 引言

电力用户用电信息采集系统(以下简称采集系统)是建设统一坚强智能电网的重要组成部分, 也是智能用电服务环节的技术基础。它将实现电力系统的用户全覆盖、信息全采集、全面支持预付费, 系统建设成功后, 能够有效提高电能计量、自动抄表、预付费等营销业务处理自动化程度, 提高营销管理整体水平。

在采集系统建设中, 需要应用多种通信技术, 包括有线与无线技术。采集系统中集中器与采集器之间的通信效果影响了整个系统的可靠性, 一般多采用低压电力线载波或微功率无线方式。与低压载波技术相比, 微功率无线技术更加成熟可靠。本文主要讨论 ZigBee 微功率无线技术在用电采集系统中的应用, 文中介绍了 ZigBee 的主要技术特点, 以及利用专用芯片

设计通信模块的方法, 并提供了采集终端的相关设计方案。

2 系统结构

采集系统整体框图可见图 1, 整个系统由主站、通信信道、采集终端、电能表四层组成, 采集终端包括集中器和采集器, 其中采集器负责采集若干电力用户的电能表信息, 集中器通过与采集器通信, 收集一个台区内所有电能表的数据, 随后利用远传通信信道上传数据给主站, 主站系统存储、统计并分析数据。

采集器与集中器之间可采用 ZigBee 无线通信方式, 它是一种便宜的, 低功耗的近距离无线组网通讯技术。ZigBee 采用 2.4GHz 免费频段, 点对点通信距离达到 75m 至几百米, 并可实现蜂窝组网, 通信速率

可达几十 Kbps, 非常适合于用电小区内的通信。与传统的低压电力线载波通信方式相比, ZigBee 的通信速率、通信可靠性、组网能力都远远优于载波。

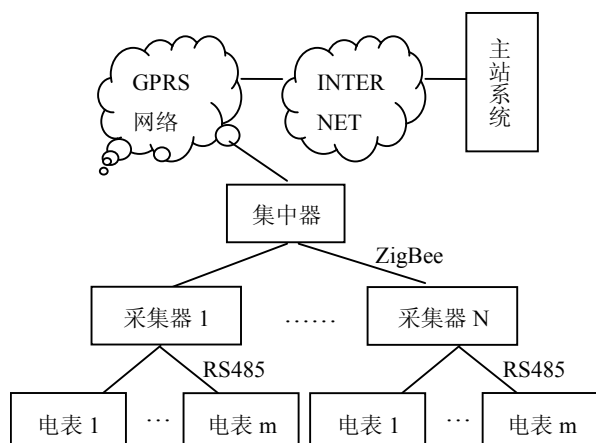


Figure 1. Electrical energy information acquisition system diagram
图 1. 电能信息采集系统框图

3 ZigBee 技术介绍

3.1 ZigBee 技术特点

Zigbee 是 IEEE 802.15.4 协议的代名词。这一名称来源于蜜蜂的之字舞, 由于蜜蜂(bee)是靠飞翔和“嗡嗡”(zig)地抖动翅膀的舞蹈来与同伴传递花粉所在方位信息, 也就是说蜜蜂依靠这样的方式构成了群体中的通信网络。它适合于自动控制和远程控制领域, 可以嵌入各种设备, 具有以下技术特点^[1]:

(1)低功耗。待机功耗极低, 适用于低功耗应用场合。

(2)低成本。通过大幅简化协议, 降低了对通信控制器的要求。另外, ZigBee 协议免专利费。

(3)低速率。传输速率在 20~250kbps 之间, 完全满足低速率传输数据的应用需求。

(4)近距离。点对点传输距离一般介于 10~100m 之间, 可通过调节 RF 发射功率来改变距离。如果进行拓扑组网, 则通信距离大大扩展。

(5)短时延。ZigBee 的响应速度在 15ms~30ms 间。

(6)高容量。ZigBee 可采用星状、片状和网状网络结构, 一个主节点可管理 254 个子节点, 网络最多可容纳 65000 个节点。

(7)高安全。ZigBee 提供了三级安全模式, 可灵活

确定其安全属性。

(8)免执照频段。采用直接序列扩频在工业科学医疗 (ISM) 频段, 2.4GHz(全球)、915MHz(美国)和 868MHz(欧洲)。

3.2 ZigBee 通信原理

完整的 ZigBee 的体系结构应该包括 IEEE802.15.4 中定义的 PHY 和 MAC 层, 以及 ZigBee 堆栈层: 网络层(NWK)、应用层和安全服务提供层^[2]。如图 2 所示:

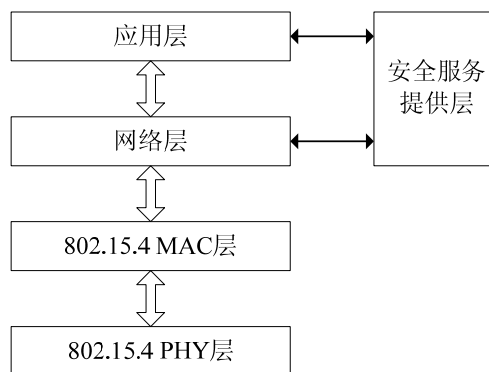


Figure 2. ZigBee network structure

图 2. ZigBee 网络结构

IEEE 802.15.4 标准为低速率无线个人域网 (LR-WPAN)定义了 OSI 模型开始的两层。PHY 层定义了无线射频应该具备的特征, 它支持两种不同的射频信号, 分别位于 2450MHz 波段和 868/915MHz 波段。2450MHz 波段射频可以提供 250kbps 的数据速率和 16 个不同的信道。868/915MHz 波段中, 868MHz 支持 1 个数据速率为 20kbps 的信道, 915MHz 支持 10 个数据速率为 40kbps 的信道。

MAC 层负责相邻设备间的单跳数据通信。它负责建立与网络的同步, 支持关联和去关联以及 MAC 层安全, 它能提供二个设备之间的可靠链接。

ZigBee 网络层的主要功能是确保 MAC 层正常工作, 并为应用层提供合适的服务接口。为了向应用层提供合适的服务接口, 网络层包含了两个功能服务实体: 数据服务实体和管理服务实体, 分别实现数据服务和网络管理功能。网络层支持三种网络拓扑结构, 星形结构(Star)、树形结构(Cluster tree)和网形结构(Mesh)。

应用层主要包括应用支持层(APS)、ZigBee 设备对象(ZDO)和制造商所定义的应用对象。应用层将实现端到端的通信,所有端点都使用应用支持子层(APS)提供的服务,APS 通过网络层和安全服务提供层与端点相接。应用层可以通过 ZigBee 设备对象(ZDO)对网络层参数进行配置和访问^[3]。

安全机制由安全服务提供层提供。值得注意的是,系统的整体安全性是在模板级定义的,这意味着模板应该定义某一特定网络中应该实现何种类型的安全。

4 采集终端设计

4.1 ZigBee 模块设计

对于 ZigBee 设备来说,可以只实现 ZigBee 体系结构中的部分功能,也可以实现所有服务,因此对应着不同的设备类型:RFD 和 FFD。如果仅需要点对点通信,则只需要实现 2.2 节中的 MAC 层和 PHY 层的功能,如果想实现动态组网路由、安全管理,则需要实现整个 ZigBee 协议栈。

对应不同的设计需求,有不同的设计方法。目前在市场上出现了很多种 ZigBee 的相关芯片,主要包括三类:1)专用 ZigBee 收发芯片,实现了 PHY 层功能,需要与 MCU 配合使用;2)集成 PHY 功能的 SOC 芯片,其内部带有 MCU,可实现单片解决方案;3)集成 ZigBee 所有功能的 SOC 芯片,也需要外部电路配合。

从成本和灵活性考虑,以上三类芯片各有利弊,本文采用了第一类芯片进行设计,该方案成本较低,开发方法灵活,我们选用了 Freescale 公司的 MC13192 芯片,其符合 IEEE 802.15.4 标准,它的工作频率为 2.405~2.480GHz,数据传输速率为 250kbps,采用 O-QPSK 调制方式,芯片采用可编程功率输出模式,发送功率 0~4dBm,接收灵敏度-92 dBm,传输距离可达 30~70m。

4.2 终端设计方法

下面以集中器为例介绍采集终端的设计方法,以及 ZigBee 芯片如何嵌入到终端内,终端原理框图见图 3。

图中 ARM9200 为主控制器,与 MC13192 之间利用 4 线标准 SPI 口连接,通过对芯片的内部寄存器进行读写操作,来实现对 MC13192 的工作控制和数据

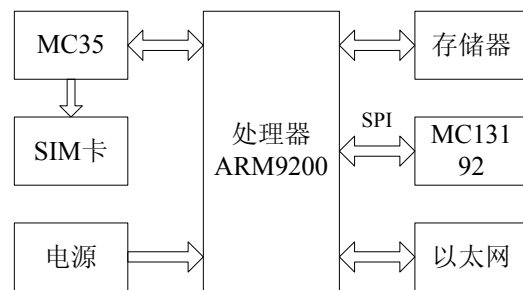


Figure3. Acquisition terminal hardware diagram

图 3. 采集终端硬件结构图

通信。MC13192 还具有 IRQ 中断输出引脚,用于告知主控制器当前收发状态的变化^[4]。另外,终端的硬件部分还包括 GPRS 模块(用于上行通信)、以太网接口(本地配置)、存储器、LCD 显示等,用于实现其他终端功能。

集中器软件设计基于 μ clinux 嵌入式系统平台,该操作系统是在 linux 系统上针对嵌入式应用剪裁而来的,占用程序数据空间更小,在该平台上只要建立所需的进程就能完成对应的功能。在本设计中,只需要实现点对点通信,因此只实现了 ZigBee 的 MAC 层和 PHY 层的功能,在以后的设计中如果实现全功能组网,则需要移植 ZigBee 协议栈。

采集器的设计与集中器类似,硬件上可选用 ARM7 作为主处理器,采集器上行通信采用 ZigBee 无线方式,下行抄表时采用 RS485 接口,本地利用红外进行参数配置,另外上行通信也可以考虑兼容低压电力线载波,以适应于不同应用需求。

采集终端中使用的软件规约包括多种:采集器下行抄表采用 DL/T645 规约,需要同时支持 97 版和 2007 版;采集器与集中器之间通信可采用 DL/T698.42 规约,也可以由各个厂家自订;集中器上行与主站通信时采用 DL/T698.41^[5]。

5 总结

本文介绍了 ZigBee 微功率无线通信技术以及它在用电信息采集系统中的应用,与低压电力线载波方式相比,微功率无线通信可靠,通信速率较高,容易实现组网,在采集系统通信中有特定的优势。但它也有自身的不足,主要在于它的点对点通信距离较近,另外受遮挡情况下通信距离会减少等,因此集中器和采集器在安装时必须结合现场情况,减少遮挡。总体

来说, ZigBee 无线技术在用电信息采集系统中有很大的实用价值, 可被大范围推广, 要最大发挥它的特点, 仍需要通过实践继续深入研究。

致谢

在本篇论文的完成过程中, 得到了同事许盛、易浩勇等的许多帮助, 另外林峰、刘广林两位领导也进行了大力支持, 在这里向他们表示衷心的感谢!

References (参考文献)

- [1] LI Yi, A Novel Thorough Monitoring Scheme of Demand Side Based on ZigBee Wireless Network Technology[J], Sichuan Electric Power Technology, 2010, 33(2), P80-P82(Ch).
李毅, 基于无线 ZigBee 网络技术的用电需求侧全面监测 [J], 四川电力技术, 2010, 33(2), P80-P82.
- [2] HU Xiaodong, DAI Yuxing, Design of Smart Home Control System Based on ZigBee Technology [J], Low Voltage Apparatus, 2008, (14), P19-P21(Ch).
胡晓东, 戴瑜兴, 基于 ZigBee 技术的智能家居控制系统设计

[J], 低压电器, 2008, (14), P19-P21.

- [3] XIAO Haitao, The Design of Intelligent Home System Based on ZigBee Technology [D], Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2008, P25-P30(Ch).
肖海涛, 基于 ZigBee 技术的智能家居系统设计[D], 成都: 电子科技大学, 2008, P25-P30.
- [4] REN Yong, FU Xuejiao, ZHANG Chao, Design for Wireless Controller Based on MC9S08QG8 Low-end Micro-controller[J], Modern Electronics Technique, 2009, (09), P52-P55(Ch).
任勇, 傅雪骄, 张超, 基于 MC9S08QG8 低端微控制器的无线控制器设计[J], 现代电子技术, 2009, (09), P52-P55.
- [5] XU Wei, A Design of AMRS Based on Short Range Wireless Communication and GPRS [J], Instrumentation Technology, 2009, (03), P37-P41(Ch).
徐伟, 短距离无线通信与 GPRS 通信相结合的小区抄表系统设计[J], 仪表技术, 2009, (03), P37-P41.