

基于 ZigBee 技术的远程无线抄表系统设计

鞠玉鹏, 施伟斌

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 针对传统抄表技术中存在的一些问题, 设计了基于 ZigBee 技术的远程无线抄表系统。将 CC2430 芯片与微控制系统相结合, 实现无线远程三表控制和对流量数据的读取, 结合 ZigBee 特点和系统各部分的功能, 建立了系统的网络结构。

关键词: ZigBee; CC2430; 抄表系统

中图分类号: TP274.4

文献标识码: B

Design of remote automatic meter reading system based on ZigBee technology

JU Yu Peng, SHI Wei Bin

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: For some disadvantages in the traditional meter reading technology, a new remote automatic meter reading system based on ZigBee technology was designed. Using micro control system and CC2430 to control and read water meter, ammeter, gas meter and so on. And combining ZigBee technology and other part of the system to construct a network framework for meter reading.

Key words: ZigBee; CC2430; meter reading system

随着供水部门、供电部门、供气部门对“一户一表”工程改造的推进, 以及对自动化的要求, 远程无线抄表系统已成为水、电、气自动化管理和智能化控制不可缺少的组成部分。采用远程无线抄表系统可以杜绝人工抄表产生的误抄、漏抄、估抄等人为错误, 还可以提高工作效率、减轻劳动强度、减员增效, 实现从数据采集到收费单的打印都自动完成。因此, 实现三表数据的远程自动抄送, 具有十分重要的现实意义^[1]。

ZigBee 是 2004 年底通过的 IEEE 802.15.4 标准, 是一种低功耗、低数据速率、低成本且数据可靠性高的双向无线通信技术, 主要用于自动、远程控制领域及家用设备联网。ZigBee 依据 IEEE 802.15.4 标准, 在节点间相互协调实现通信^[2]。它可由多到 65 000 个无线模块组成 1 个无线网络, 每个网络节点间的距离可以从标准的 75 m 到扩展后的几百米, 甚至几千米。无线数据传输速率高达 76.8 Kb/s。本系统主要由前端智能表(水表、电表、气表)、数据集中收发器、远端数据接收处理中心等构成, 采用 ZigBee 无线网技术实现本地数据采集, 将采集

后的数据传送到物业中心。

1 ZigBee 技术

1.1 ZigBee 的特点

ZigBee 技术采用直接序列扩频(DSSS)技术, 主要工作在无需注册的 2.4 GHz 频段。当前比较流行的几种无线技术的特点如表 1 所示。

表 1 几种无线技术的特点比较

	ZigBee	蓝牙	HomeRF	Wi-Fi
使用频段/GHz	2.4	2.4	2.4	2.4
调制技术	BPSK, OQPSK	GFSK	FSK	QPSK
最大速率/Mb/s	0.25	1	1.6	1
功耗	极低	中等	中等	高
复杂性	简单	复杂	复杂	很复杂
覆盖距离/m	100	10	50	50
网络节点	255	8	127	50
使用成本	低	中等	中等	中等
安装难度	简单	简单	简单	简单

由表 1 中可以看出 ZigBee 的主要特点: 低功耗; 低

网络与通信 Network and Communication

成本;时延短;网络容量大;安全可靠。尤其是 ZigBee 的低功耗是其他无线设备望尘莫及的,因为 ZigBee 的传输速率低,发射功率仅为 1 mW,而且采用了休眠模式。据测算,ZigBee 设备仅依靠 2 节 5 号电池就可以维持长达 6 个月到 2 年左右的使用时间。

1.2 ZigBee 通信协议框架及其网络拓扑

ZigBee 网络中的设备分为全功能设备(FFD)和简化功能设备(RFD)2 种^[3],其中,FFD 设备也可作为协调器(Coordinator)使用。FFD 是具有路由与中继功能的网络节点,可以与 RFD 节点通信也可以与别的 FFD 节点通信;RFD 节点作为网络终端节点,相互间不能直接通信,只能通过 FFD 节点发送和接收信息,不具有路由和中继功能。RFD 和 FFD 的硬件结构完全相同,只是网络层不一样;协调器是网络组织者,负责网络组建和信息路由。ZigBee 网络支持星型网(Star)、集群树状网(Cluster)和网状网(Mesh)3 种拓扑^[4]。其中,星型网由 1 个协调器节点和多个网络终端节点组成,终端节点通过协调器实现彼此间的通信;集群树状网是由 1 个协调器组织的多个星型网,扩大了网络的覆盖范围,网络终端节点不但可以接入协调器节点,也可任意接入具有路由功能的 FFD 节点,但具有路由功能的 FFD 节点相互间不能直接通信,只能通过协调器节点的路由功能完成相互间的通信。网状网是一种高可靠性的 Ad Hoc 网络,与集群树状网不同的是具有路由功能的 FFD 节点相互间可以直接路由信息,所以网状网通过自组织和无线路由功能可提供多个数据通信路径。当最优的通信路径发生故障时,网状网会在冗余的其他路径中选择最合适的路径供数据通信,因此,网状网有效缩短了信息传输时延并提高了网络通信的可靠性。

2 系统设计与实现

2.1 方案论证

我国在 20 世纪 80 年代初开始研究远程自动抄表系统。目前对于无线抄表系统的设计方案主要有以下几种:(1)完全基于 GPRS 技术实现,但这种方案设计成本较高;(2)掌上机抄表方案只能实现半自动化,不能实现远程通信,效率还是不高;(3)低压电力线载波抄表方案易受外界干扰,抗干扰性较差;(4)采用电话线和调制解调器传送数据和控制信号的方案,其维护成本高,扩展性能差,且 MODEM 长时间带电,易出现不稳定的情况;(5)运用蓝牙方式,由表 1 可以看出,抄表系统中 ZigBee 技术要远优于蓝牙。综上所述,运用 ZigBee 技术实现是首选。

2.2 系统组成

通常小区中使用星型网络即可形成一个由中心节点和终端智能表组成的抄表系统无线网络。但考虑到小区中有部分智能表距离中心节点较远,数据传输可靠性低,因此,采用网状网络。即在距中心节点较远的单元楼

中设置 1 个数据采集点,起到数据上传下送的功能,且数据采集点之间可以互相通信。

因此,远程无线抄表系统解决方案从系统构架上基本分为前端智能表、数据集中收发器和远端数据接收处理中心 3 部分:

(1)前端智能表:包括水表、电表、燃气表等,并且具有数据采集、存储、接收指令和发送数据的功能。可对计量对象进行计量、存储数据和接收中心节点发送的指令并按照指令的要求完成相应的动作。

(2)数据集中收发器:在每个楼层都安装数据集中收发器,它是远程抄表系统中关键的一环。它完成数据上传下送的中继作用,可将中心节点发出的命令转发给终端智能表、接收终端智能表返回的数据并转发给中心节点,具有存储转发的功能。

(3)远端数据接收处理中心:该中心具有建立、协调、配置整个网络的功能。可设置定期向终端智能表发送数据采集请求、接收数据、存储数据,并负责将数据集中收发器发送过来的数据进行处理和显示,其功能更像一个控制平台,通过它可以及时了解用户用电、用水等情况。

系统基本原理框图如图 1 所示:

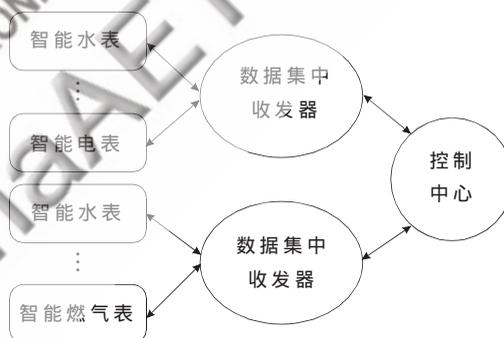


图 1 系统基本原理框图

2.3 系统设计

2.3.1 前端智能表

智能表主要由传感器、信号处理电路、MCU、ZigBee 模块、电源部分组成,其中 MCU 通过传感器、相应的信号处理电路,对计量对象的脉冲信号进行采集、处理并存储。本设计中使用 CC2430 芯片完成数据处理和传输功能,即 MCU 和 ZigBee 模块的功能,其它部分功能可由现有的脉冲表技术实现。智能表组成框图如图 2 所示。下面简要介绍 CC2430 芯片。



图 2 智能表组成框图

CC2430 芯片在单个芯片上整合了 ZigBee 射频(RF)前端、内存和微控制器。它使用 1 个 8 位 MCU,具有 128 Kb 可编程闪存和 8 Kb 的 RAM,还包含 ADC、4 个

网络与通信 Network and Communication

Timer、AES-128 协同处理器、看门狗定时器、32 kHz 晶振的休眠模式定时器、上电复位电路、掉电检测电路和 21 个可编程 I/O 引脚。

CC2430 芯片只需要极少的外围元器件，其外围电路包括晶振时钟电路、射频 I/O 匹配电路 2 个部分。芯片本振信号既可由外部有源晶振提供，也可由内部电路提供。由内部电路提供时需外加晶体振荡器和两个负载电容，电容的大小取决于晶体的频率及输入容抗等参数。射频 I/O 匹配电路主要用来匹配芯片的 I/O 阻抗。

CC2430 芯片采用 0.18 μm CMOS 工艺生产，工作时的电流损耗为 27 mA；在接收和发射模式下，电流损耗分别低于 27 mA 或 25 mA。CC2430 芯片的休眠模式和转换到主动模式的超短时间的特性，特别适合那些要求电池寿命非常长的应用场合。

2.3.2 数据集中收发器

数据采集点在无线通信网络中主要充当中继器，将中心节点发送的指令转发给终端智能表，或将终端智能表的数据上传给中心节点，从而使网络具有延伸性，传输的距离更远。通信时，数据采集点对接收到的数据进行解析，并判断地址包含在自己的路由表中时，则为接收的数据选择最佳路径，并转发出去。路由算法采用 AODV，这些功能可通过 ZigBee 协议的网络层实现^[5]。

数据采集点主要由 ZigBee 模块、微控制器、存储模块等部分组成^[6]。ZigBee 模块仍采用 CC2430 芯片。数据采集点需要先存储接收的数据，再选择路径将数据发出去，需要足够的存储单元。在微控制器的选择上，可供选用的单片机种类较多，本设计选择纳瓦技术单片机 PIC18LF4620 作为核心处理器，在空闲和休眠状态下，可以使系统功耗降到最低。PIC18LF4620 和 CC2430 的接口电路图如图 3 所示，接口简单且外围器件少，简化了硬件调试的难度，增加了系统的稳定性。

2.3.3 控制中心

数据中心节点是 ZigBee 网络中的协调器，负责启

动、配置、协调整个 ZigBee 无线网络以及整个小区与抄表中心的数据传输。在网络中，中心节点又相当于一个接入点，需要进行 ZigBee 无线网与其他网络的协议转换。总的来说，中心节点是负责终端智能表的管理及协调 ZigBee 无线网与其它网络之间通信的关键部件。中心节点主要由 ZigBee 模块、32 位的嵌入式微处理器、存储模块及外围部分等组成，如图 4 所示。

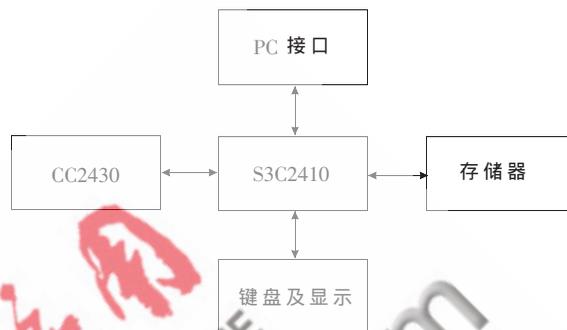


图 4 控制中心组成框图

中心节点定期查询、自动抄写各智能表的数据，将数据保存在存储器中，供抄表中心定期读取。因此，中心节点需要较大容量的存储器，一般需外扩存储器。

对 ZigBee 设备性能评估，主要测试它的发射功率、频谱的相位噪声、临近信道干扰和通信距离。在空气环境中测试，距离 150 m 时通信的误码率可小于 1%。系统在发射状态下耗电为 23.7 mA，接收时为 21.78 mA，休眠状态下仅为 2.5 μA 。实验结果证明，本文所介绍的基于 CC2430 芯片收发器的系统具有容错性高、性能优越和超低功耗等特点，各项性能指标还可进一步提升。

无线抄表系统是我国目前领先的无线智能抄表系统，它将是我国智能集中抄表未来的发展方向，无线抄表系统采集计数工作单元均装配在表内并密封，表的数据采集、处理、存储等基础工作全由表本身完成。另外，因为表引出的无线通、断不影响单表数据采集和保存

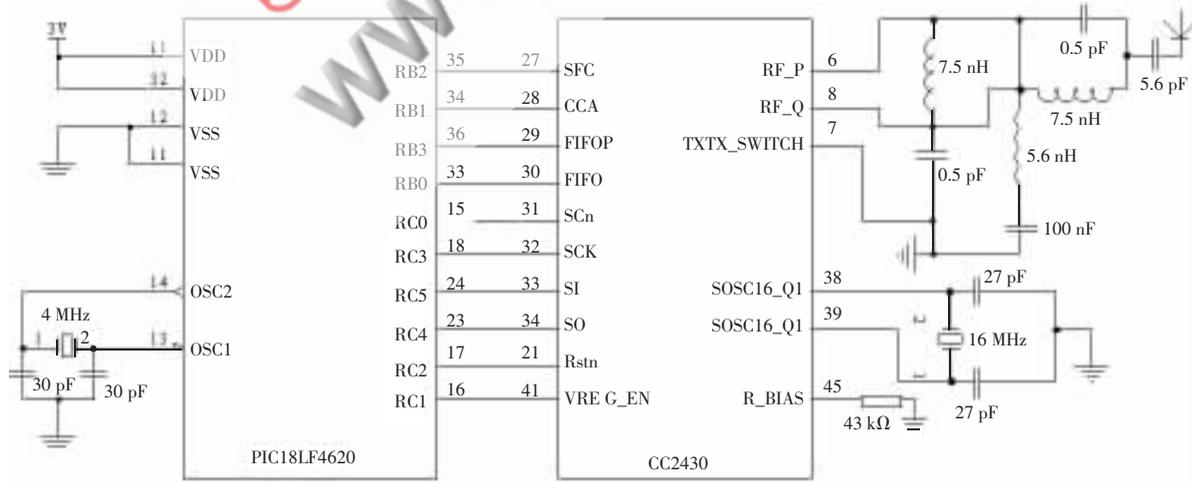


图 3 PIC18LF4620 与 CC2430 的接口电路图

(仅影响本表数据的读出),也不影响其他表数据的读出,即使本次读数时该表出现故障,只需重新发射数据,无需重新置数,表的真实读数仍可继续读出,其安全性、稳定性是比较可靠的。

随着各大厂商对 ZigBee 技术了解的不断深入,以及 ZigBee 联盟对其标准的进一步完善,ZigBee 芯片及系统的价格会逐步降低。相信在不久的将来,无线自动抄表系统在我国一定会有很大的发展。

参考文献

[1] 甘素榕,邹涛,翁哲.基于 CC2430 的 ZigBee 无线通信设计[J].科技资讯,2007(22):92-92.
[2] 王苏.基于 ZigBee 技术在无线自动抄表系统中应用的研

究[J].科技资讯,2007(4):2-3.

[3] 任秀丽.ZigBee 无线通信协议实现技术的研究[J].计算机工程与应用,2007(6):143-144.
[4] ZigBee 无线自动抄表系统的未来发展之路.http://www.51zigbee.com/project/ShowArticle.asp?ArticleID=63,2008.
[5] 刘涛,赵计生.基于 ZigBee 技术的农田自动节水灌溉系统[J].测控技术,2008(27):95-96.
[6] YANG X K, LI G. Pervasive computing oriented automatic meter reading system based on ZigBee and GPRS[J]. Shanghai:Journal of Shanghai Normal University (Natural Science), 2007:40-41.

(收稿日期:2009-04-06)

