

基于 AMI 的智能电网家庭终端信息节能方案研究^{*}

罗钧铃, 杨冠鲁

(华侨大学, 福建 厦门 361021)

摘要: 高级量测体系(AMI)是智能电网的重要组成部分和基石。为了更好地利用智能电网技术进行节能减排,基于 AMI 框架的家庭终端能耗管理系统,提出了一种以 ZigBee 技术构建家庭节能网络的方法,通过家庭智能用电网络,用户可根据电网负荷及分时电价规划用电,达到节能目的。

关键词: 智能电网; AMI; 家庭用电; 节能; ZigBee

中图分类号: TM93

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)09-0074-04

Research on energy saving by consumption information in smart grid's home area network based on AMI

Luo Junling, Yang Guanlu

(Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Advanced metering infrastructure (AMI) plays an important role in smart grid. To take advantages of the smart grid for energy conservation and emissions reduction, a management system for consumption information in home area network by AMI is proposed in this paper, the intelligent electricity consumption system is also built, by which users can scheme the electricity consumption according to the network load and time-of-use electricity pricing to save energy.

Key words: smart grid; AMI; household electric costs; energy saving; ZigBee

进入 21 世纪以来,全球资源短缺日益严重,低碳节能成为经济发展的重要内容并成为世界各国的共识。智能电网^[1]作为当今世界电力系统发展变革的最新动向,以传统电网为基础,融合计算机、通信、传感等多种技术于一身,具有数字化、自动化、信息化和互动化等基本特征^[2-4],在节能减排领域有着举足轻重的作用^[5-6]。

高级量测系统 AMI^[7](Advanced Metering Infrastructure)是智能电网技术的重要组成部分,它是一个用来测量、收集、储存、分析和运用用户用电信息的完整网络和系统^[8]。AMI 的建立为用户和电网的双向全面互动提供了平台和技术支持,实现了电网与用户之间的信息双向传递,为电网的负荷预测及用户侧的智能节电提供了极大的帮助。

目前,针对 AMI 系统的研究还不够深入,家庭终端的研究主要集中在智能表计、智能开关等方面,缺乏以节能为核心的家庭网络系统探索。本文提出了一种以

ZigBee 技术构建家庭节能网络的方法,通过获取当前电网负荷信息和分时电价,自动采集能耗信息,多途径显示并实现自动节能控制。

1 AMI 概述

1.1 AMI 发展现状

提出智能电网概念的美国电力科学研究院(EPRI)认为,智能电网的发展首先应该实行远程自动抄表系统(AMR),即分时计价、自动停电管理、需求规划等,而这正是 AMI 的雏形。美国国家能源技术实验室(NETL)提出了智能电网的 4 个部分,包括高级量测体系(AMI)、高级配电运行(ADO)、高级输电运行(ATO)及高级资产管理(AAM)。其中也将 AMI 作为智能电网发展的基础。目前,世界各国都在积极部署该领域的发展。

2009 年初,美国政府在《经济复兴计划进度报告》中提出,到 2012 年新增 4 000 万个智能电表,同时投资 40 多亿美元进行电网现代化、智能化改造。欧盟和日本政府也计划到 2020 年将智能电表覆盖率提高到 80%。目前,意大利、瑞典等国已经淘汰普通电表,全部采用智能

^{*} 基金项目:福建省自然科学基金资助项目(2009J01257);厦门市科技计划资助项目(3502Z20093027)

电表,完成AMI的部署。英国、法国、德国预计在未来10年内完成AMI的部署。西班牙、法国还通过专门的法律规范AMI系统建设。

在2010年发布的中国政府“十二五”规划中,智能电网被列为重点发展对象,从2011年到2015年,将在全国范围内安装2.3亿块智能电表。同时,相应的计量、通信标准也在加紧制定中。

1.2 AMI的组成

AMI系统主要包括智能电表、通信网络、计量数据管理系统(MDMS)、家庭网络(HAN)4个部分,其结构如图1所示。

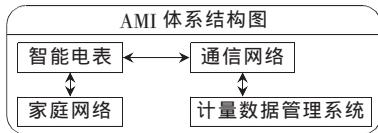


图1 AMI体系结构

(1)智能电表。与传统电表相比,智能电表增加了与电网的双向通信、用户信息管理、计量信息管理、用电量监测等功能模块。它具有以下功能:精确测量家庭用电量;显示分时电价;电费预付及余额提醒;电能质量检测;数据记录与储存;窃电保护;防止高额电价或者为需求相应服务的负荷峰值限制;与家中其他智能设备通信。

(2)通信网络。通信网络为电力公司、用户及相关设备之间的双向信息传输提供了物理架构。它具有开放式的双向通信规约,但同时也必须保证信息的安全性和可靠性。通信媒介包括电力载波、电力线宽带、铜线或者光纤、集中或者分布式无线射频、因特网等。

(3)计量数据管理系统(MDMS)。MDMS是一个带有分析功能的数据库,它能和智能电网架构中的很多信息系统进行交互,如用户信息系统(CIS)、账单系统、停电及预警管理系统、电能质量检测系统、负荷预测系统、变压器负荷管理系统等。MDMS能对AMI体系中的数据进行合法性验证、编辑、评估及管理,确保这些数据的准确性和完整性。

(4)家庭网络(HAN)。家庭网络通过与室内用户管理终端进行交互,把智能电表与家庭内的电气设备连接起来,使得用户能根据当前电网信息,积极参与需求响应或电力负荷调整。家庭网络应该具有以下功能:实时向用户显示电能的使用情况和价格信息;根据用户的设置对电价信息进行反馈;根据用户需求设置能耗或负荷控制峰值;根据用户设定自动调节负荷;用户主动干预功能。

1.3 AMI的优势

AMI的实施对电力公司、用户的价值是不言而喻的。(1)用自动抄表取代人工上门抄表,有利于信息化管理,同时省去人力;电费预付,方便客户和电网公司。(2)电网公司能够远程接通和断开某些用户负载,可有

效进行能耗管理。(3)收集区域全面细致的用电数据,为电网调度提供系统范围内的负荷预测。(4)电网出现故障时能快速定位。电能质量可以实时在线监测。(5)通过传递电网负荷及实时电价信息,引导用户错峰耗能,减少对系统发、输、配环节中的固定资产投资,优化资源配置,提高系统效率。(6)为用户侧分布式发电的接入提供条件。(7)为智能电网其他系统的建立和发展提供帮助。

2 家庭智能用电系统

家庭用电与AMI系统最紧密的关联就在于双向的信息交互。电能的使用存在着严重不均现象,在用电高峰期,电网负荷大、电价高,供能紧张,而在用电低谷期,设备闲置,经济性差。因此,及时根据电网负荷调整电器使用,错峰耗能,可以优化资源利用,降低电能消耗。

当前,家庭网络存在以下几个盲区:(1)虽然智能电表能提供电网及家庭用电信息,但是人们很少去主动关注电表。电表的信息显示及预警需要新的途径。(2)智能电表在获取单个电器用电量时,经济性差。(3)缺乏结合AMI的智能化的家电控制系统,普通智能家居节能效果一般。

因此,将智能电表的信息采集出来,经由多种途径显示,并通过家庭无线网络按照预定的规则自动控制家电运行,智能电网的家庭终端也能实现智能化节能操作。该系统的结构如图2所示。

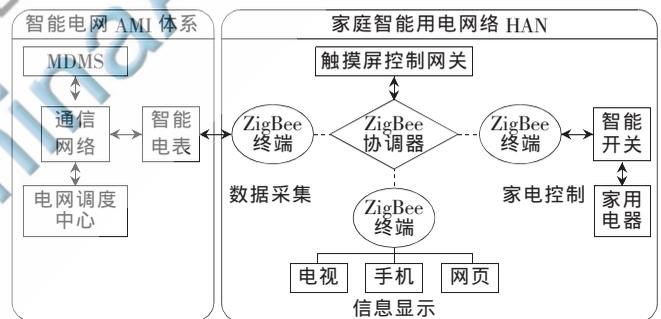


图2 家庭信息节能系统结构

2.1 信息传输网络

AMI体系要求各个系统模块之间持续、有效地无线通信,因此选择一种合适的无线通信技术非常重要。目前的短距离无线通信主要有红外、蓝牙、WiFi以及ZigBee技术,红外以及蓝牙由于受到传输距离的限制不符合要求,WiFi对于技术的要求过高,也不是最佳选择,因此,可选用ZigBee技术作为该体系的无线通信技术。

ZigBee技术是基于IEEE802.15.4标准^[9]制定的一种短距离、低功耗的无线网络通信协议。它专注于低速率传输控制,网络容量大,时延短,采用AES-128加密算法,网络扩充性强,单个节点设备的有效覆盖范围为10~75 m,能够覆盖普通的家庭网络环境,同时可以采用路由器延长传播距离。ZigBee协议栈是在OSI 7层结

构上建立起来的,为了简化协议,它主要由 4 层构成,包括应用层、网络层、MAC 层和物理层。协议栈结构如图 3 所示。其中应用层和网络层规范由 ZigBee 联盟规定,MAC 层和物理层规范由 IEEE802.15.4 协议规定。目前 ZigBee 技术的发展趋势为开发片上系统,提高经济性,降低能耗,增强传输速度。



图 3 ZigBee 协议栈结构

由于 ZigBee 技术的特点,其在 2004 年就被列为当今世界发展最快、市场前景最广阔的十大技术之一。目前,ZigBee 技术在工业控制、工业无线定位、汽车自动化、家庭网络、楼宇自动化、医疗监护等领域具有良好的应用,其中,智能家居网络和工业控制,已经成为 ZigBee 芯片的主要应用领域。

2.2 电表信息读取

智能电表都自带数字通道,通过单片机发送相应指令,可以得到表内信息。当前,我国智能电表已经有了标准化的通信规约,即《中华人民共和国电力行业标准 DL/T 645—1997 多功能电能表通信规约》,里面详细介绍了电表测量的数据格式和对应的命令码。

单片机与智能电表的连接可采用 RS-485 总线。它具有连接方便、抗干扰性能好、组网方便、传输速率高的优点,ZigBee 采用 RS-232 总线,因此两者之间需要一个转换器,如图 4 所示。

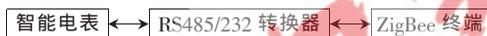


图 4 电表数据读取

2.3 能耗信息的显示

为了方便用户关注能耗信息,应该采用多终端显示的方式。用电量经由单片机采集后传输到终端 ZigBee,经由协调器发送到相应的显示终端,如控制屏、电视、网页、手机等。电视可由 AV 通道传输并显示。手机通过 GSM 模块发送。网页显示可将系统通过以太网连入网络。预警及报警信息可同时传输。

2.4 人机交互系统

触摸屏控制方式已成为当下的热门。家庭网络也可采用触摸屏作为系统的人机接口设备。触摸屏由 ARM 芯片控制。同时采用 ARM 芯片作为网关,通过按下触摸屏上的相应图标向协调器发送相应的指令,协调器将指令发送给对应的终端设备,终端设备再返回数据给协调器,最终发送给 ARM 网关,显示在触摸屏和其他终端,从而实现数据的采集与终端控制。ARM 网关是实现信息采集与显示、家电自动和手动控制的核心部件。

2.5 智能开关

智能开关是系统终端的重要设备,一方面,它采集家用电器的用电信息,并通过 ZigBee 网络进行信息显示,使每一个用电细节能清晰明了;另一方面,它通过系统设定的控制方案,自动开关电器,实现自动节能控制。智能开关结构示意图如图 5 所示。

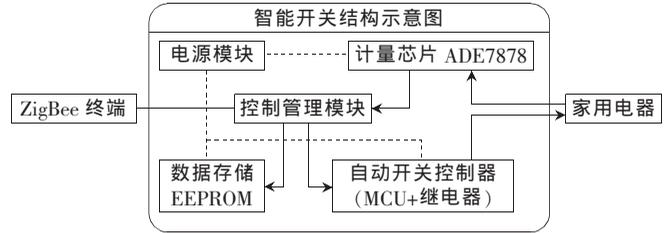


图 5 智能开关结构

传感器的迅速发展,使得每一个家用电器的用电量都可以得到精确的计量,这将为智能电网实现家庭用电智能控制打下坚实基础。电器设备的各种耗电参数,如有功功率、无功功率、视在功率以及有效值计算,都可以通过 ADI 公司的高精度三相电能计量芯片 ADE7878 来实现。该芯片带有 2 路脉冲输出功能和 1 个串行接口,集成了二阶 Σ -D 模数转换器、数字积分器、基准电路、温度传感器,以及所有进行有功、无功和视在电能计量、有效值计量所需的信号处理元件。

ADE7878 的特点是:(1)高精度;(2)支持 EN 50470-1、EN 50470-3、IEC 62053-21、IEC 62053-22 和 IEC 62053-23 标准;(3)与三相、三线或四线(三角形或 Y 形)及其他三相配置兼容;(4)测量各相及整个系统的总(基波和谐波)有功/无功/视在功率和基波有功/无功功率,支持电流变压器和 di/dt 电流传感器等。该芯片能很好地满足系统对用电量的测量要求。

家电的智能控制有自动和手动两种。自动控制是根据用户提前设置好的控制策略,在达到相应条件时,自动控制开关。例如,电网负荷小、电价较低时,热水器自动投入运行,而电价高时,热水器暂时关停等。手动控制则是用户通过网关直接操作。家用电器设备控制系统流程如图 6 所示。

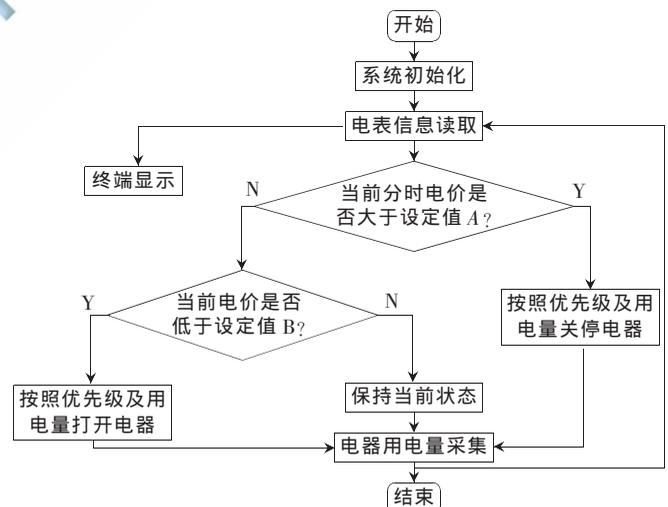


图 6 家用电气设备智能控制流程

3 系统工作方式及通信模式

ARM 模块作为主控单元和人机接口,带有触摸屏显示,可以制成手持终端,使用 QT 软件编写触摸屏上的

显示界面,当 ARM 模块通过串口接收 ZigBee 终端模块发给 ZigBee 协调器的采集数据时,先将接收到的外部采集数据存储在 ARM 模块内部已经建立的一个数据库当中,然后当 ARM 触摸屏需要显示相应的数据时,将从这个数据库当中提取数据;同时当用户点击 ARM 触摸屏来控制设备时,触摸屏会将点击的这个操作转化为指令传输到数据库内,数据库将指令翻译成串口设备可以识别的指令,这个指令被串口设备识别后,串口设备会将指令打包发送给 ZigBee 协调器,协调器识别后会将指令发送给被操作的 ZigBee 终端,被操作的 ZigBee 终端根据指令的要求控制与它相连的设备,完成设备的远程操作。同时在 Linux 系统内搭建 WEB 服务器,可以通过以太网对信息进行远程监控和管理。

ZigBee 支持的通信方式有直接地址通信模式、间接地址模式、广播模式和组模式。家庭网络可采用直接地址通信模式。在协调器建立网络、终端设备加入网络的同时,发送自己的地址信息给相应的设备进行存储,同时当某一设备要读取数据信息的时候,发送的指令码是携带该设备的地址信息,当终端设备处理完毕、返回数据信息的时候,将向该地址的设备发送数据。这种方式保证了无线传感网络的稳定性,同时也降低了能耗。

AMI 体系是用户与电力部门之间的桥梁。通过双向的信息传输,用户可以根据实时负荷及分时电价合理安排家庭用电。原本侧重于舒适性及安全性的智能家居网络,在智能电表的信息沟通下,能在低碳环保领域呈现出更大的价值。本文提出了一种在 AMI 体系下利用 ZigBee 技术构建家庭节能网络的方案。该方案的重点是电网及家庭能耗信息的获取及显示,信息的获取对用户的决策将具有很大参考价值。而电视、手机、网页的全方位显示,将信息的披露做到没有盲区。同时,设计的智能

开关为家电的智能化控制打下了基础,家电的自动控制过滤掉了用户因为疏忽和偷懒造成电能浪费的可能,方便省力。利用 ZigBee 技术的稳定性、低功耗等优势,使该网络的可靠性得到增强。总之,该系统力图增强 AMI 体系下用户的节能意愿和行动,为低碳环保的生活方式提供便捷。

参考文献

- [1] U.S.Department of Energy. The Smart Grid: An introduction DE-AC 26-04NT41817. SUBTASK 560.01.04 [EB/OL].http://www.energy.gov.
- [2] 刘振亚.智能电网技术[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [3] EPRI. The Green Grid: Energy Savings and Carbon Emissions Reductions Enabled by a Smart Grid [R]. USA: Palo Alto and CA, 2008.
- [4] 余贻鑫,栾文鹏.智能电网[J].电网与清洁能源,2009,25(1):7-11.
- [5] 孙寿广.低碳经济对电网规划和发展的影响[J].中国电力,2010,43(3):1-4.
- [6] 何大愚.用智能电网降低电压以减少电耗[J].中国电力,2011,44(9):31-32.
- [7] Anon. Advanced Metering Infrastructure. Pub ID:RRINI762464 [R]. [S.l.]:Research Reports Intemational,2007.
- [8] 栾文鹏.高级量测体系[J].南方电网技术,2009,3(2):6-10.
- [9] ZigBee Alliance. Zigbee specification v1.0 [S]. USA: ZigBee Alliance, 2006.

(收稿日期:2013-02-15)

作者简介:

罗钧铃,男,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:智能控制及自动化。