

# 基于无线 ZigBee 网络技术的用电需求侧全面监测

李毅

(德阳电业局, 四川 德阳 618000)

**摘要:**提出了一种新型的基于无线网络技术的用电需求侧监测方案。采用 ZigBee 无线技术实现低压台区组网, 接入基于无线公网技术组建的 10 kV 配网监控网络, 实现用电需求侧的整体监测。该方案组网灵活、成本低, 实践证明具备很强的实用性。

**关键词:** ZigBee; 10 kV 配网; 低压台区网; 无线技术

**Abstract:** A novel thorough monitoring scheme of demand side is proposed based on the wireless network technologies. The low-voltage area network can be constructed by using the ZigBee wireless technology. While in respect of 10 kV distribution network, public wireless technology is used, including GPRS and CDMA networks. By this means, a completely monitoring network can be implemented by combing these two kinds of networks. The proposed scheme is able to construct the monitoring network easily and the advantages of low cost, strong feasibility and usability have been demonstrated in practice.

**Key words:** ZigBee; 10 kV distribution network; low-voltage area network; wireless technology

**中图分类号:** TP311.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)02-0080-03

## 0 引言

近年来, 由于电力供需矛盾的逐渐增大, 为了保证国民生产的正常用电秩序, 电力企业对 10 kV 配电网进行了大量的投资, 建设了《电力负荷管理系统》、《配变监测系统》等现场数据抄收系统。从通讯技术层面上, 基于 GPRS、CDMA 等无线公网通讯方式在诸如配网监测等工业系统中已经得到实践的检验并普及应用<sup>[4,5]</sup>, 使得供电企业可以实时、准确地掌握用户现场数据并在此基础上拓展大量的上层应用。

目前台区集抄系统主要采用以下通信方式: 低压载波信道、双绞线等方式有线信道、无线射频等。虽然采用有线信道方式的集抄系统非常稳定, 但是这需要进行大量的布线, 其工程量不亚于重新构建一个供电网络, 其成本和巨大的工程量是制约有线方式发展的瓶颈; 在一些地方采用的手持 PDA 通过无线射频信道以及蓝牙方式与抄表器进行通信, 抄收电表数据, 这种方式只是解决电表抄收最后 1 m 的问题, 但是这种方式无疑加大了用电营销人员的工作量, 在数据的实时性方面也无法满足供电企业的实际需求。

综上所述, 要建立有效的用电现场服务系统必须对用电需求侧进行全面的实时数据监测。鉴于利用 GPRS、CDMA 等技术建立 10 kV 配电网数据传输技

术已经比较成熟, 问题主要集中在如何准确可靠并较低成本地监测低压台区电网相关数据。

随着科学技术的不断进步以及人们对实践应用的深入挖掘, 新一代短距离无线组网传输技术恰好可以解决这个凸现已久的矛盾。其中, ZigBee 技术无论在组网方式、性能以及成本等各个方面已经完全能够满足低压台区电网监测系统的实际需求。通过 ZigBee 技术组建的低压台区电网数据传输网络, 可以实时、有效地将台区电力监测数据集中到一起, 然后通过 GPRS/CDMA 组建的 10 kV 配网监测网络实时传输到供电企业, 从而实现整体电力需求侧的全面监测和服务。

## 1 ZigBee 技术

ZigBee 作为新一代无线通讯技术的命名, 源自于蜜蜂群间沟通信息而进行的 ZigZag 形状的舞蹈<sup>[1]</sup>。ZigBee 是一种短距离、架构简单、低消耗功率与低传输速率的无线通讯技术。其网路架构具备 Master/Slave 属性, 并可达到双向通信功用。Zigbee 的基础是 IEEE 802.15.4-IEEE 无线个人区域网 (Personal Area Network PAN) 工作组的一项标准<sup>[7]</sup>。与其他无线协议相比, ZigBee 提供了低复杂性、缩减的资源要求, 最重要的是它提供了一组标准的规范。

Zigbee 技术主要包括以下特点: (1) 数据传输速率低: 只有 10 KBps 到 250 KBps 专注于低传输应用; (2) 功耗低: 在低功耗待机模式下, 两节普通 5 号干电池可使用 6 个月到 2 年, 免去了充电或者频繁更换电池的麻烦; (3) 成本低: 因为 Zigbee 数据传输速率低, 协议简单, 所以大大降低了成本, 且 Zigbee 协议免收专利费; (4) 网络容量大: 每个 Zigbee 网络最多可支持 255 个设备; (5) 时延短: 通常时延都在 15 ms 至 30 ms 之间; (6) 安全: Zigbee 提供了数据完整性检查和鉴别功能, 加密算法采用 AES-128, 同时可以灵活确定其安全属性; (7) 有效范围小: 有效覆盖范围 10~75 m 之间, 具体依据实际发射功率的大小和各种不同的应用模式而定; (8) 工作频段灵活: 使用的频段分别为 2.4 GHz, 868 MHz(欧洲) 及 915 MHz(美国), 均为免执照频段。

综上所述, 通过 ZigBee 技术构建的无线网络数据传输平台, 可以可靠、经济、高效、方便地实现低压台区居民电表数据的无线传输。

## 2 解决方案

由于 10 kV 配电网络以及台区居民电网结构错综复杂, 采用传统的人工抄表和分片负责和不定期进行上门检查的用电检查方式, 针对性不强, 盲目性大。虽然每月结算后知道配网线损高, 但线损高在哪里, 不能有效地分析是哪些用户正在违章用电和窃电, 不能有的放矢进行追查, 即使花费大量精力查到了窃电户, 也苦于缺乏第一时间的窃电依据, 处理难度大; 由于无法了解用户的实时用电信息, 不能做到准确的用户实时的电费计算。然而, 通过一些采用一些现代化的通信手段的监测终端, 这些问题将迎刃而解, 并可以方便地实现线损的实时监测与计算、监测用户窃电以及实时算费等功能。

### 2.1 目标

本方案的主要实施目标是, 在 10 kV 配电网络部分, 充分利用现有的 GPRS、CDMA 等成熟的无线通信技术, 构建配网数据传输网络平台; 在 10 kV 以下低压台区电网部分, 利用 ZigBee 技术构建短距离台区无线数据传输网络平台, 通过该台区数据传输平台, 首先将数据进行集中, 然后利用 10 kV 配电网的配网数据传输平台, 将电网相关数据实时传输到供电企业。通过这种方式满足整个电网实时线损监测、防窃

电监测以及预付费准确算费等相关电力应用。

### 2.2 系统架构

根据电力网络特性来划分, 本方案监测范围包括上层的 10 kV 配电网和下层的低压台区电网两部分。10 kV 配电网监测对象主要包括大用户、商业用户以及台区等用户的用电数据监测, 这些用户一般用电量较大, 一旦发生违规用电以及窃电行为对于供电企业损失较严重, 所以供电企业必须相对实时地了解相关用电数据; 而低压台区部分的监测对象主要是居民用电数据的监测, 比起 10 kV 配电网的用户, 这些用户数据的实时性以及监测频率相对要低一些。

针对以上用电特征, 所提出的全面监测方案从网络架构上也可以规划为两部分: 在电力网络的上层 10 kV 配电网部分, 采用 GPRS、CDMA 以及 SMS 等通信方式进行数据传输以满足其数据传输信息量大、实时性高的需求; 在下层低压台区部分采用 ZigBee 技术组建低速、可靠的无线网络平台, 并在该无线网络平台上传相关居民用电数据, 最后再将其数据集中, 通过电网上层 10 kV 配电网中已有的 GPRS、CDMA 以及 GSM 等终端资源, 将相关数据传输到供电企业。

### 2.3 应用系统

所有电力监测数据通过上述基于无线技术构建的通信平台可以实时传输到供电企业内, 从而满足线损实时监测、防窃电监测以及实现预付费等应用服务功能。

#### 2.3.1 线损监测

控制线损率是衡量供电企业管理水平的重要指标。供电企业应在尊重事实的基础上, 强化内部管理, 并利用先进科技手段, 分析和排查引起线损起伏不定的各种因素, 找出关键点, 逐步消除, 是决定线损管理工作再上新台阶的关键所在。在本解决方案中, 用户可以采用自顶向下逐步排查的方式分析出造成线损异常的位置。首先, 通过分析 10 kV 配电网数据, 在 10 kV 配电网中找出存在线损异常的部分; 然后分析出现异常的台区线损数据, 通过分析比较历史数据可以直接找到出现异常的具体位置。

#### 2.3.2 防窃电

长期以来, 窃电行为一直存在于电力营销中, 由于反窃电技术水平低、窃电方式多样化、窃电手段也不断提高等原因, 如何有效地反窃电一直困扰着供电企业<sup>[2]</sup>。窃电行为严重地损坏了电力企业的利益,

扰乱了供用电秩序。为防窃电,供电企业采取了加强人力检查,电能表计中增设防窃电措施等各种技术手段,这在一定程度上杜绝了一些窃电,但苦于缺乏第一时间的窃电依据,造成窃电行为时有发生。通过本方案,可以第一时间掌握用户的窃电数据,并通过历史数据比对,可以有效地分析出一些难以发现的窃电行为和计量故障。

### 2.3.3 预付费

当前,中国各电力公司客户拖欠电费、违章用电现象比较严重,已引起有关部门的高度重视。如何采用科学的管理方法和手段来解决目前存在的问题,有效降低电力公司的经营风险,保护企业合法利益,为电力事业可持续发展创造有利条件,是摆在面前迫切需要解决的问题。通过本方案的实施,可以及时分析出居民用户的实时用电费用,根据大用户的各种表计分析计算出大用户的实时用电费用,从而实现预付费功能。

## 3 结束语

利用 GPRS、CDMA 以及 ZigBee 技术等现代通信

技术,组建 10 kV 配电网络及低压台区电网的无线数据通信平台,实现用电需求侧的全面监测。相关电网数据通过该无线网络平台实时传输,为电力系统各种实时应用奠定基础,从而提高供电企业的现代化管理水平。

## 参考文献

- [1] ZigBee WEB. ZigBee Protocol Specification. <http://www.zigbee.org> 2006.
- [2] 李晋. 防窃电技术 [M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
- [3] 王士政. 电网调度自动化与配网自动化技术 [M]. 北京:中国水利水电出版社, 2003.
- [4] 钟章队. GPRS 通用分组无线电业务 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2001.
- [5] 窦中兆,等. CDMA 无线通信原理 [M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- [6] 国家电力公司著. 国家电力公司电力网电能损耗管理规定 [M]. 北京:中国电力出版社, 2002.
- [7] IEEE WEB. IEEE 802.15.4 Specification. <http://www.ieee.org> 2006.

(收稿日期: 2010-01-10)

(上接第 23 页)

大于文献 [7] 中的结果 0.029, 原因是此方法是在全网原数据、发电机模型未经任何简化时求得, 仿真模型更精细, 更能充分显示系统的动态本质。

## 4 结论

大规模区域互联电网低频振荡分析, 最重要、最困难的工作是区域间主导低频振荡模式的求解问题。四机两区域算例研究表明, 低频振荡模式由系统的固有结构特性和运行方式决定, 发电机模型的详细与简单不改变振荡模式的频率, 励磁系统模型和负荷特性对阻尼影响较大, 并且因其移相作用可能引起区域间模式个别机组的振荡相位少许改变, 但本地模式模态基本不变。因此, 大规模电力系统低频振荡分析可采用文中思路, 先在经典二阶模型、负荷恒阻抗模型下得到区域间低频振荡模式的频率、强相关机组、模态等基本特征信息。然后, 采用详细模型, 在强相关机组的暂态稳定功角曲线上实施检测, 获得合理真实阻尼以及时域特性。大区联网后全国系统低频振荡分析验证了该方法的有效性和准确性。

## 参考文献

- [1] 周双喜, 苏小林. 电力系统小干扰稳定性研究的新进展 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2007, 19(2): 1-8.
- [2] 邓集祥, 涂进, 陈武晖. 大干扰下主导低频振荡模式的鉴别 [J]. 电网技术, 2007, 31(7): 36-41.
- [3] 白洋, 邓集祥. 区域电网低频振荡模式的检测方法 [J]. 四川电力技术, 2009, 32(5): 71-74.
- [4] 董航, 刘涤尘, 邹江峰. 基于 prony 算法的电力系统低频振荡分析 [J]. 高电压技术, 2006, 32(6): 97-100.
- [5] 邓集祥, 欧小高, 姚天亮. 基于小波能量系数的主导低频振荡模式的检测 [J]. 电工技术学报, 2009, (8): 141-146.
- [6] P. Kundur. Power system stability and control [M]. McGraw-Hill. New York, 1994.
- [7] 邓集祥, 贺建明, 姚天亮, 等. 大区域联网条件下四川电网低频振荡分析 [J]. 电网技术, 2008, 32(17): 78-83.

### 作者简介:

姚天亮 (1979-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为电力系统运行分析与稳定控制。

(收稿日期: 2010-02-10)