

智能用电互动终端设计与实现

徐敏锐

(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏省 南京 211103)

摘 要: 根据智能电网自愈、互动、优化、兼容等特征和要求, 本文设计和实现智能可视化电网远程监控与控制系统, 即互动终端系统。本文介绍了在嵌入式Windows CE 5.0系统平台上利用EVC开发互动终端系统的过程和方法, 包括了液晶界面显示功能实现、与电力供应商的通信的实现、与多功能电表通信实现、数据处理、数据存储等。多次实验表明, 该系统能够实时监控用户设备, 实时进行互动, 数据传输过程能保持低丢帧率。该终端系统于2010年8月得到相关部门的验收。

关键词: 智能电网; 互动终端; 实时监测; GPRS; 数据采集; 分时电价; Windows CE; EVC

智能用电服务作为统一坚强智能电网重要环节, 直接面向社会、面向客户, 是社会各界感知和体验统一坚强智能电网建设成果的主要途径, 在建设统一坚强智能电网中具有十分重要的地位和作用。目前电力公司对大用户的内部用电相关信息掌握得很少, 无法准确评估用户在用电过程中出现的各类情况(如电网电压波动对用户的影响等), 也无法为大用户经济、安全运行提出明确的建议。通过电力公司与大用户的信息交互, 对大用户内部用电信息、设备运行信息、生产规律和发展趋势信息进行全面的采集, 可以实现大用户的用电自动化, 使得营配系统的用电管理、故障定位及电能监控深入到大用户的供电末端, 全面提升电力公司针对大用户的综合服务能力, 满足大用户的多元化需求; 同时, 通过大用户智能用电信息互动, 可以提高用户的用电质量, 改变传统的用电模式及习惯, 提高设备利用效率和运营效率, 降低用户的用电成本, 提高电网管理企业的运行管理水平, 优化配置资源, 降低社会运行成本, 为“两型”社会的构建做贡献, 满足统一坚强智能电网互动化的要求, 加强大用户侧信息资源的集成和整合。

本文研究和实现了智能可视化电网远程监控与控制系统, 即互动终端系统。它能充分满足用户对电力的需求以及对资源优化配置的要求, 确保电力供应的安全性、可靠性和经济性, 满足环保约束, 保证电能质量, 适应电力市场化发展等。互动终端系统通过GPRS通信模块与电力供应商之间进行通信, 接受电力供应商的指令, 同时上传数据和参数。

互动终端系统通过ZIGBEE通信模块与多功能电表进行通信, 向多功能电表发送指令, 接受多功能电表上传的数据和参数。同时互动终端系统具有数据采集控制、数据解析、保存及分析、按电网要求设置系统参数等功能。互动终端系统液晶界面具有数据实时显示、消息发布、信息查看、故障上传等功能。

1 互动终端系统总体设计

1.1 互动终端系统软硬件平台

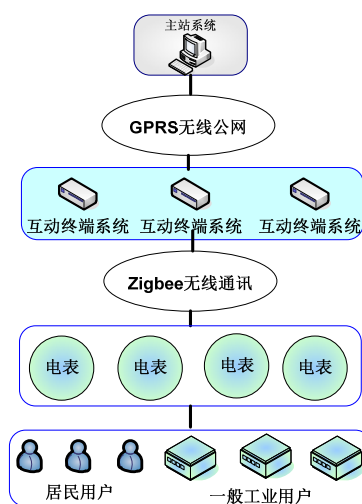


图1 互动终端系统在智能电网中地位

互动终端系统硬件采用了EPC-8600嵌入式工控主板, 该主板资源丰富, 接口齐全, 低功耗, 可靠性高; 其软件是基于EPC-8600嵌入式工控主板上的Windows CE 5.0操作系统。Windows CE是为各种嵌入式系统和产品设计的一种压缩的、高效的、可升

级的操作系统(OS)^[4],它具有Win32子集API。系统内部EPC-8600主板通过RS232串口连接ZIGBEE通信模块,对多功能电表进行采集;并连接GPRS通信模块与电力供应商系统(下文称为主站)进行数据通信,如图1所示。

1.2 互动终端系统主要功能

本文所设计的互动终端系统包含以下五大主功能,如图2所示。

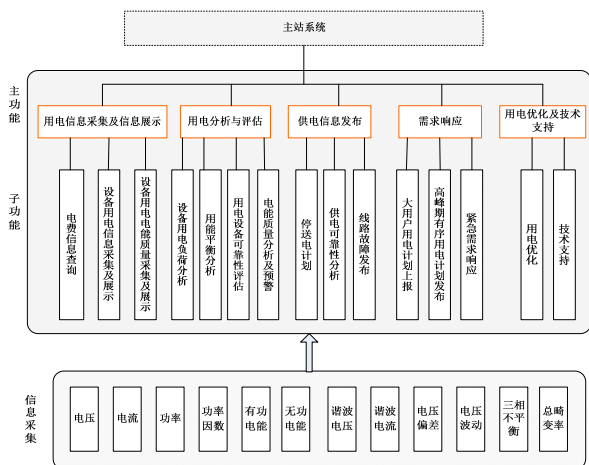


图2 互动终端系统功能图

(1) 用电信息采集及信息展示。包括了电费信息查询和设备用电信息采集及展示等。电费信息查询中包含了分时电价、在线菜单、历史账单。通过主站发布不同时段的电价标准实现实时计价,提醒用户在高电价时段节约用电,达到负荷的优化控制,这不仅大大减小了高负荷对电网的冲击,也降低了用电成本,实现电力资源的优化配置和电网的经济运行。设备用电信息采集及展示,实时监测用电设备的用电情况,查看其用电性能,有助于用户对当前用电情况进行分析和控制,并及时处理各种情况,实现电网自愈性。

(2) 用电分析与评估。用户可以选择日期和用电设备来查看设备历史用电情况,并以图形化方式展示;可以查询日负荷、月负荷以及年负荷曲线,以形象的饼图和曲线图来呈现,以便用户对设备的用电负荷、用能平衡、电能质量进行分析,并对用电可靠性进行评估及预警。

(3) 供电信息发布。主站发布停送电及线路故障信息给互动终端系统,终端将其展示给用户,方便用户提前准备。终端记录的历史停送电信息可供用户对供电可靠性进行分析。

(4) 需求响应。用户在终端上进行用电计划上

报。主站发布给终端高峰期间有序用电计划方便用户查看,同时也可以发送紧急需求响应,通过发送相应的命令进行控制操作。

(5) 用电优化及技术支持。当用户出现故障时可以通过互动终端系统上报给主站,主站根据情况进行处理,以实现主站对整个电网的控制。

其中功能(1)和(2)依赖于互动终端的数据采集和处理的功能。

2 互动终端系统的软件整体框架

互动终端系统软件整体设计的原则:功能性、强壮性、易维护性、易扩展性。由于大量的电表接入互动终端系统,大量的互动终端系统接入主站,故合理的规划、统一的接入标准和有效信息是很重要的,因此我们设计的软件整体框架如图3。

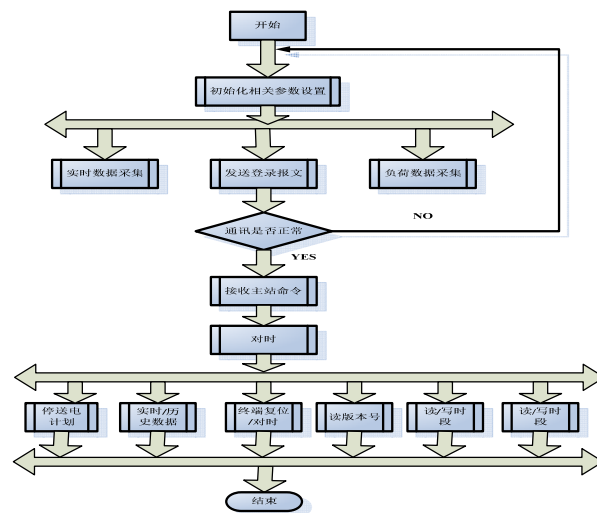


图3 互动终端软件整体框架

过程简述如下:开机时系统先对一些参数进行初始化。包括内存的申请,相关变量和控件赋值。互动终端设置定时器开始采集实时数据、负荷数据,同时终端向主站发送登录报文。若登录通讯正常,则互动终端系统接收主站的时钟召测和对时命令,对时误差应不超过5 s。对时完毕后,主站开始和互动终端系统进行通信,进行数据上传和事件上传等操作。事件的上传将按事件优先级进行上报。

3 软件具体实现过程

3.1 液晶界面功能实现

根据所设计功能要求,互动终端系统界面应当具备用电信息采集及信息展示、用电分析与评估、供电信息发布、需求响应、用电优化及技术支持等

功能。不同的液晶界面操作具有不同的功能，点击液晶界面不同按钮会出现不同的功能界面。从OnInitDialog()入口函数处开始编程，在对象执行前，创建所有用户交互的可视化元素，即窗口部件，例如按钮、文本框、下拉框等。通过ShowWindow()函数来显示或隐藏窗口部件。通过MoveWindow()函数确定坐标定义窗口部件的位置，这样可以避免在程序运行过程中多次动态创建窗口部件而使系统运行效率低下，从而提高界面响应速度。通过设置全局变量数组(int m_nShow[3])来标定当前界面所在的位置，可以及时判断当前触发的事件。

3.2 系统基于 EVC 通讯技术

系统与主站、多功能电表的数据通讯采用串行通讯技术中的异步通讯技术。在eMbedded visual C++(EVC)中串行通信口是作为文件方式来进行操作，故系统的通讯程序设计如图4所示：（1）打开串口：系统与主站、多功能电表通讯分别采用COM3、COM4端口号，使用CreateFile()函数改变读写模式等参数。（2）设置串口：设置传输速率、传输模式、校验模式、数据位和停止位参数。（3）使用ReadFile()、WriteFile()函数对串口进行操作。（4）使用CloseFile()函数关闭串口。

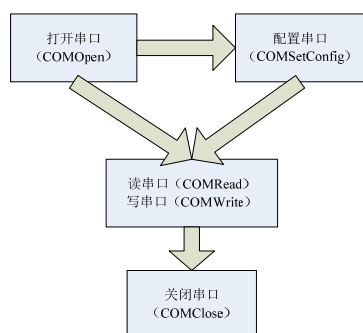


图4 系统串口通信基于EVC实现流程

3.3 互动终端系统与多功能电表的通信实现

3.3.1 互动终端系统与多功能电表通信内容

互动终端系统按设定的终端抄表日或定时采集时间间隔对多功能电表数据进行采集、存储，并在主站召测时发送给主站。对于电表的数据采集，主要有两大类数据采集：实时数据和负荷数据。实时数据包括正反向有功电能，正反向无功电能，正反向有功功率、正向有功峰、尖、平、谷时段电能，三相电压、电流、功率因素等23个量。采集的实时数据通过通信协议解析后实时展示于终端系统，且保存在终端系统中，用户可实时查看设备用电能情

况以及电费情况（终端根据用电情况由分时电价计算出来）。同理，采集过来的负荷数据经过解析后以负荷曲线形式显示在终端，并保存在终端系统中。

3.3.2 互动终端系统与多功能电表的通信协议

互动终端系统与多功能电表通信规约采用DL/T 645-2007《多功能电能表通信协议》。在采集数据的过程中，命令起着至关重要的作用。为了使整个采集过程顺利完成，发送一系列命令来驱动多功能电表。采集实时数据命令包含了电表编号、数据标识编码信息。采集负荷数据命令包括了电表编号、采集的时间信息。被采集多功能电表在接到正确命令后会返回指令报文，我们根据通信协议解析出数据存到相应的文档里面。互动终端系统按照主站设定的终端抄表日或定时采集时间间隔（1分钟）对采集终端数据进行采集、存储，并在主站召测时发送给主站。终端可以按照主站设定的间隔（15min）采集负荷数据。

3.3.3 数据采集的控制

低的丢帧率是判读互动终端系统性能很重要的一方面，保证数据的准确性。因为对多功能电表同时采集实时数据和负荷数据两大类数据，而互动终端系统内部EPC-8600主板只有一个RS232串口对多功能电表通信，所以控制好采集实时数据和负荷数据的次序才能保证尽可能采集到更多的数据信息和保持较小的丢帧率。互动终端系统数据采集控制图如图5所示，采集电表数据在定时器中实现的，在一个采集间隔到来的时候，先采集实时数据（每隔300ms发送一个采集实时数据的报文），当所有的多功能电表的23个实时电量都已经采集完毕后再采集负荷数据，当下一个采集间隔到来的时候，结束负荷数据采集，采集实时数据，如此反复。

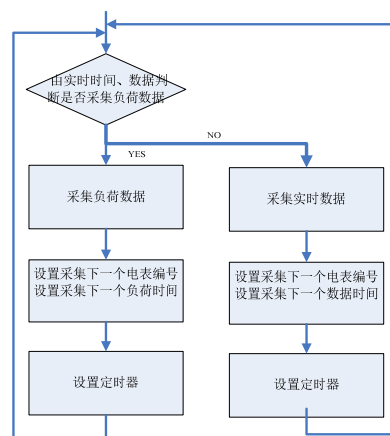


图5 互动终端系统数据采集控制图

3.4 互动终端系统与主站的通信实现

3.4.1 互动终端系统和主站通信的实现方式

GPRS是中国移动在GSM网络上开通的一种分组数据传输技术^[5]。它所依托的网络稳定可靠、覆盖面广、数据传输速度快,能够提供40-100kbit/s带宽,所以对地处偏远的用户也能实现监控,而且能满足电网监控系统对通信的要求,达到实时监控目的。故选择GPRS模块经过GPRS无线网络将互动终端与主站连接起来。互动终端登入GPRS网络后,获得IP地址,再建立与主站网络服务器之间的连接,实现数据双向传输。

3.4.2 互动终端系统与主站通信协议

互动终端和主站之间的通信采用UDP方式,主站服务器打开2200端口,端口号可自行选择。互动终端与主站的通信规约采用Q/GDW 130-2005《电力负荷管理系统数据传输规约》及部分自行扩展规约。在帧结构设计上采用适用于串口等情况的链路层定义的“主站轮询+终端应答”半双工方式。应用层的整数均为4字节的带符号整数,使用补码进行编码。浮点数均采用IEEE 754双精度标准编码,8字节存储。字符串均按照字面顺序,采用以0结尾的不定长字符串,汉字及中文符号使用GBK编码。报文结构设计依照有效传递信息和高寻址空间来设计。设计的报文结构为:起始字节(68h)+报文字节数+互动终端地址+多功能电表地址+重复起始字节(68h)+事件类型+事件数据+校验码+结束字节(16h)。

3.4.3 互动终端系统与主站通信内容

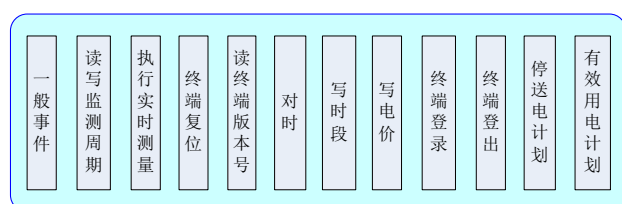


图6 互动终端系统与主站通信内容

互动终端系统和主站的通信内容如图6所示。终端系统开机就发送登录报文给主站,终端在正常情况下下线发送终端登出报文给主站。对时就是互动终端系统按照主站传过来的报文解析出时间后,采用SetSystemTime函数对系统时间进行重新设定,并返回给主站操作是否成功的报文。终端复位就是互动终端接到该指令,调用KernelIoControl函数对互动终端系统进行重启。由于KernelIoControl函数是C编译的,所以使用的是时候要加上extern "C"

__declspec(dllexport)才能在EVC上使用。主站通过读、写监测周期的指令可以控制互动终端采集多功能电表的数据量的周期。主站通过写电价、写时段方式有效的向用户展示电费消耗情况。

3.5 数据的保存和配置软件的实现

采集来的数据保存在互动终端系统中,数据存储需满足便于查找,满足精度等条件。由于windows CE 硬盘比较小,我们把一个数据保存为4个字节。用一个.dat格式文件保存一个多功能电表一个物理量一个月的数据,例如文件001_正向总有功电能.dat表示的是编号为001的多功能电表的正向总有功电能一个月采集的量。一个月的23个量数据保存在一个以年月为名称的文件夹中,例如2010年9月的数据就存放在2010_09文件夹中。文件夹中每个.dat文件4个字节存一个量,每一分钟都有初始数据,数据按时间的顺序依次存储。当有新的数据来的时候覆盖初始值。读取数据的时候用fseek函数定位文件相应位置,用fread读取数据。写数据的时候用fseek函数定位到文件相应的位置,用fwrite写入数据。实时数据按设定的终端抄表日或定时采集时间间隔(1分钟)进行写入数据。负荷数据按照设定的间隔(15min)写入数据,覆盖了原先数据,故对实时数据有着校正的作用。互动终端系统设计许多.dat文件格式来存放采集数据、系统配置、用户上传的事件、用户的设备信息。为了配置这些.dat文件,设计了相应的配置软件来配置不同文件来适合不同用户的需求。

4 结论

该互动终端系统在设计和实现的过程,经过多次方案改进,于2010年6月研制成功。2010年7月在江苏省电力研究实验院和主站、多功能电表联调测试成功,通过相关部门验收,整个系统运行功能稳定,界面互动性强,没有丢帧现象。互动终端系统是应用在电力行业,设计中要把握的原则有准确性、可靠性、安全性、可扩展性。互动终端系统在正式市场推广使用之前,有待于进一步完善和优化,如对数据统计和分析方法,数据采集算法,终端界面互动功能等方面。

参考文献:

- [1] 廖斌,仇宏祥. 标准化的智能电网提升电网安全[J]. 上海电力,2006(6):584-588.

- [2] 谢开, 刘永奇, 朱治中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008,41(6):19-22.
- [3] 余贻鑫, 奕文鹏. 智能电网[J]. 电网与清洁能源, 2009,25(1): 7-11.
- [4] Microsoft.Windows CE通信指南[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 1999, 73-84.
- [5] 张虹, 陈堂. GPRS 技术在电力负荷管理系统中的应用[J]. 江苏电机工程, 2006, 25(6): 41-43.
-
- 作者简介:**
徐敏锐 (1976-), 男, 江苏淮安人, 工程师, 电力计量技术等方面工作, E-mail: xiamicyx@hotmail.com。

Research & Implementation of the Interactive terminal system Of Smart Grid

XU Min-rui

(Jiangsu Electric Power Research Institute Co., Ltd., Nanjing 211102, China;)

Abstract: Based on the characteristic and requirement of smart power grid, such as self-repairing, interactive, optimized and compatible, a visual intelligent remote monitoring and control system of smart grid, which is also known as interactive terminal system, is designed and achieved. In this paper, the process and method of developing the interactive terminal system using EVC on embedded system Windows CE 5.0 is presented, including the achievements of functions of liquid-crystal display (LCD) interface, communication with the electricity suppliers and the multi-function electrical energy meter, data processing and storage, and so forth. Results of experiments suggest that the system is capable of equipment real-time monitoring, real-time interacting, and maintaining a low frame losing rate of data transmission. Thus the system was checked and accepted by the relevant department in August 2010.

Key words: Smart grid; interactive terminals; real-time monitoring; GPRS; data collection; Time-of-use electric price ; Windows CE ; EVC