

DOI: 10.7500/AEPS201207133

# 智能配用电园区用户侧双向互动功能的设计与实现

曹志刚

(中国电力科学研究院(南京), 江苏省南京市 210003)

**摘要:** 智能楼宇、智能小区、用能分析与管理、多样化增值服务等用户侧能量管理功能的集成,对智能配用电园区综合能量管理系统的用户侧双向互动功能提出了新的要求。文中分析了用户侧双向互动的技术特点和功能需求,进而提出了总体架构以及双向互动服务框架。阐述了双向互动的内容,设计了实现的技术方案,并介绍了相关关键技术的具体实现方法。

**关键词:** 智能电网; 智能配电; 智能用电; 用户侧能量管理; 双向互动

## 0 引言

智能配用电园区是随智能电网发展而出现的一个概念。它是指综合运用现代信息、通信、计算机、高级量测、自动控制等先进技术,提供多样化的优质用电服务需求,满足电动汽车、分布式电源和储能装置等新能源的接入与推广应用的现代工业或居住示范区<sup>[1]</sup>。智能配用电园区可以作为智能电网先进技术成果的集中展示区。

智能配用电园区综合能量管理系统(EMS)作为园区能量管理和用户互动的核心系统,集成了相关子系统的功能和数据,除属于生产控制大区的配电自动化、微电网监控等,还包括用户侧的智能楼宇、智能小区、用能分析与管理、用户信息互动、多样化增值服务等。与传统电力系统 EMS 相比,该系统具有多源数据集成、用户范围广、应用需求多样等特点,对用户参与的广度和深度方面的要求大大提高<sup>[2-3]</sup>。针对上述情况,本文分析了智能配用电园区综合 EMS 的技术特点和功能需求,并从系统架构、互动内容、实现方法、关键技术等方面详细阐述了双向互动功能的设计和实现。

## 1 功能需求

### 1.1 系统技术特点

智能配用电园区综合 EMS 涉及多专业、多应用,在数据来源、用户群、系统结构、功能要求等方面与传统 EMS 有诸多区别<sup>[4-8]</sup>。

#### 1.1.1 数据来源多样

系统数据来源于配电自动化、微电网监控、电能质量监测、智能楼宇、智能家居、用电信息采集等各自相对独立的专业子系统,涉及设备类型多样,需考虑如何将它们整合在一起,并实现统一协同的监控和能量管理<sup>[9]</sup>。

#### 1.1.2 用户群广泛

系统用户不局限于电网公司,还有园区管理者以及园区内的普通用户。对于普通用户,通常利用电脑、电话、手机、移动终端、智能交互终端、自助终端等与系统进行交互,这给双向互动服务的实现提出了特殊要求<sup>[9-10]</sup>。

#### 1.1.3 系统架构特殊

系统业务既包括电力系统内的,又包括用户侧的,两部分共享数据和基础功能,但在安全防护等级和具体实现方式上又互有区别<sup>[11-12]</sup>。如何在系统安全稳定可靠运行的前提下,保证系统功能的完整性和一致性,这就给系统总体架构设计增加了难度。

#### 1.1.4 功能要求特殊

系统以多源数据为基础实现多专业融合,通过园区用户的共同参与,完成智能配用电园区的综合能量管理。相比传统 EMS,智能配用电园区综合 EMS 在功能上有以下特殊性。

1)需在一体化建模和统一支撑服务的基础上,针对不同应用对象分别提供系统级、管理级、用户级功能,并需通过权限认证、流程控制等手段防止功能越界的发生。

2)需在满足电力系统安全的前提下,提供多渠道的用户侧双向互动方式,通过系统级的安全隔离保证系统安全性和服务可靠性。

3)需提供各子系统的实时联动功能,实现统一、协同、综合的智能配用电园区能量管理。

收稿日期: 2012-07-16; 修回日期: 2012-11-22。

国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2011AA05A117, 2012AA050214)。

4)需突破用电环节单向被动的服务模式,以双向互动方式提供用户侧能量管理和能效服务。

### 1.2 系统应用功能

系统需突破各专业子系统之间的差异,在统一建模的基础之上实现通用的应用功能,主要包括以下几个部分。

#### 1.2.1 综合监控

综合监控功能是系统的基础应用功能,主要包括数据采集、数据验证、数据存储、计算处理、可视化展示、控制操作、事件信息处理、报警处理等,以及对各类能耗计量数据的采集和处理,全面掌握园区内各设备的运行状况和能耗分布。

#### 1.2.2 能量管理

能量管理包括对园区配电网进行拓扑分析、故障自检与隔离、无功补偿控制、电能质量监控、配电设备管理等,以及通过控制储能设备的调节能力,实现微电网的能量优化协调控制,提高分布式电源接入的可靠性和可用性。

#### 1.2.3 能效分析

能效分析主要完成对各类能耗数据的计量和有效性验证,并通过分类、分项、分区的能耗统计指标计算、能效评估等功能,及时发现和纠正能耗异常情况,为用能服务提供支撑。

#### 1.2.4 信息发布

以可视化方式通过多种渠道向不同用户展示相应的信息,内容可包括图形、实时数据、事件告警、历史数据、统计分析数据等,形式有监控画面、数据表格、曲线、图表、报表、分析报告等。

#### 1.2.5 双向互动

双向互动基于综合监控、能量管理、能效分析、信息发布等功能,是上述功能在用户侧的应用和延伸,实现了用电环节主动、双向的服务模式。其主要特征体现在响应多样化的用户需求上,通过可定制的、包含多级安全认证的流程控制方式,支持用户通过多渠道获取用能信息、控制用能设备、设置运行参数、制定用能策略、使用节能服务。

## 2 系统架构

### 2.1 总体架构

根据功能目标的不同将系统从总体上分成基础EMS和用户侧双向互动平台两大部分,分别在信息内网和外网实现,并通过电力系统专用物理隔离装置实现系统级的信息安全防护。系统总体结构如图1所示。

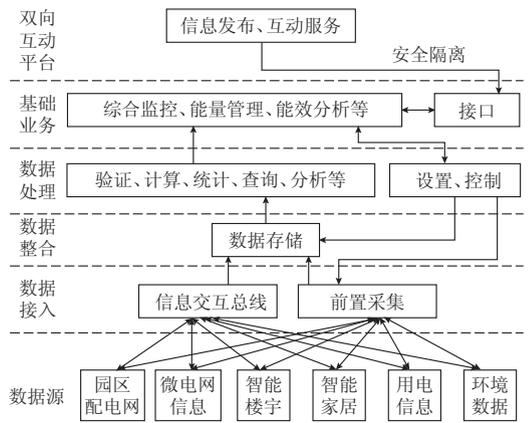


图1 系统总体结构  
Fig.1 System architecture

基础EMS采用客户机/服务器(C/S)架构,完成数据接入、配电监控、微电网监控、能量管理、能效分析等功能;用户侧双向互动平台采用浏览器/服务器(B/S)架构,完成信息发布和处理用户互动的功能。从系统安全角度出发,双向互动平台不具备数模维护的权限,所有信息均通过实时镜像技术由基础EMS推送而来;同时,双向互动平台也不具备用户操作的执行权限,它通过人机交互收集用户请求,并通过电力系统反向物理隔离装置将请求发送到基础EMS执行。

### 2.2 双向互动服务架构

双向互动包括信息发布和互动服务2个方面,从系统的角度看,信息发布是数据的由内向外流动,而互动服务允许数据由外向内流动。双向互动服务结构如图2所示。图中:GPRS表示通用分组无线服务;CDMA表示码分多址;用户包括电脑、固定电话、手机、电视、自助终端、智能交互终端、移动终端等。

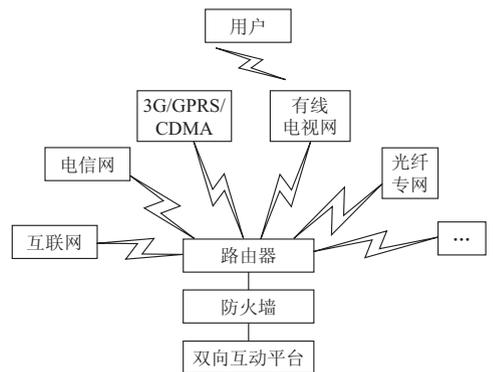


图2 双向互动服务结构  
Fig.2 Structure of interactive services

系统响应并处理用户操作请求是双向互动的根本要求,用户可通过一次或多次的人机交互实现用能信息查询、设备控制、参数设置、用能策略制定、节能服务使用等。

### 3 双向互动的设计与实现

#### 3.1 功能设计

##### 3.1.1 信息发布

信息发布模块的结构主要分为系统服务、业务可缩放处理、用户交互 3 层,其结构如图 3 所示。图中:SVG 表示可缩放矢量图形。

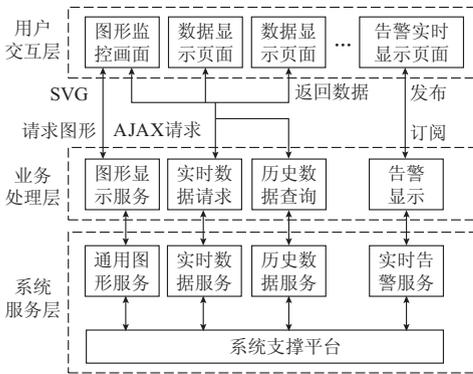


图 3 信息发布结构

Fig. 3 Structure of information publishing

各层之间通过自定义的数据请求/应答报文进行通信。从信息发布的内容和处理方式上看,无论用户需求如何变化,总可归为图形画面、实时数据、历史数据、实时告警 4 类,系统则提供了相应的服务对各类信息进行分别处理。

系统服务层是信息发布的基础,是用户侧应用功能与系统支撑平台的分割点,实现了具体应用与支撑平台的隔离,上层应用只有通过该层才能获得系统数据和服务,保证了平台的独立性和安全性。业务处理层是信息发布的中间层,通过 Java 的 JNI (Java native interface) 实现对系统服务层的调用,主要包括服务识别、业务传递、数据解析与封装等功能。用户交互层实现人机交互,从系统安全性以及服务可移植性的角度出发,用户交互层仅允许通过 HTTP 协议访问服务器,不使用其他特殊的通信端口。

##### 3.1.2 互动服务

互动服务响应并处理用户侧的信息查询、设备控制、参数设置、用能策略制定、节能服务等各种互动请求,其处理流程分为信息交互、提交操作、服务执行 3 个部分。信息交互发生在用户与双向互动平台之间,实现对用户具体操作内容的收集和确认,然

后通过反向物理隔离装置将请求内容提交到基础 EMS,最后由系统根据操作类型和内容交由相应服务执行。用户操作流程如图 4 所示。

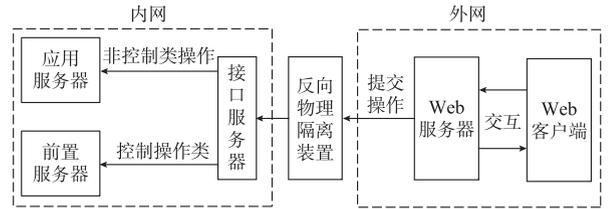


图 4 用户操作流程

Fig. 4 Process of user actions

根据具体请求内容的不同,将用户操作分为控制类和非控制类 2 种。控制类操作是指数值下发、设备遥控等需要通过前置系统或信息交互总线下发命令的操作,此类操作由前置服务器或通信服务器完成;非控制类操作是指对系统内数据、参数、状态等的设置,以及进行用能策略编辑、节能服务选择等,此类操作由应用服务器完成。

#### 3.2 关键技术及难点

##### 3.2.1 实时镜像技术

用户侧双向互动平台的数据来源于基础 EMS,而用户操作请求最终也会提交由基础 EMS 执行,因此,保持双方数据一致性和同步性是实现双向互动的基础。系统使用实时镜像技术实现此功能,并采用主备链路、数据包校验、断点续传、丢包重传等机制保证数据镜像的可靠性。

根据类型和同步方式的不同,将数据分为模型数据、实时数据、历史数据、系统资源 4 类。模型数据的变更仅发生在模型维护过程中,采用触发更新的方式,在模型发生新增、修改、删除的同时将信息同步到双向互动平台。实时数据的实时性要求较高,因此采取在系统支撑平台的数据软总线中注册数据接收点的方式,监测数据的实时变化并向互动平台转发。历史数据包括系统的周期采样数据和历史事件记录,在实时性要求上相对较低,采用定时周期发送的方式,发送的时间间隔可根据实际需要自定义。系统资源包括图形文件、报表、资源文件等,通常只有在系统维护时才会发生变化,可采用人工触发的方式更新。

##### 3.2.2 通用信息服务

系统使用实时数据服务、告警服务、历史数据服务、通用图形服务处理相应的常规数据访问请求,以简化系统结构、提高程序复用性。

实时数据服务处理实时性要求高的数据请求,内容由扩展的公共信息模型(CIM)元数据编码来指

定。服务程序将编码转换为系统内部的数据记录标识后,调用支撑平台实时数据接口读取数据并返回结果。用户交互层可通过 AJAX 和 Web Service 等方式访问该服务。

告警服务处理用户的告警显示需求。告警是实时数据的一种特殊类型,但其实时性要求更高。系统中告警发生的时间、数量都不确定,用户无法预知告警的发生,因此采用基于订阅/发布机制的服务器主动推送技术来解决此问题,告警服务在告警发生的同时向所有的订阅用户发布信息。

历史数据服务处理针对历史采样、统计数据、历史事件等数据请求,由扩展的 CIM 元数据编码来指定内容,可根据具体应用的不同,附加起始时间、结束时间、记录类型、统计类型等条件。服务程序解析数据请求包的内容,调用支撑平台的历史数据接口读取数据并返回结果。

通用图形服务处理用户交互层的图形显示请求,通过调用系统支撑平台图形模块检测图形的更新情况,并将图形转换为包含 CIM 属性扩展的 SVG 格式。图形画面中包含的动态信息(实时数据、历史数据等)可调用上述通用信息服务获取。

### 3.2.3 C 语言嵌入式脚本

在交互过程中需要实时地从系统读取信息并动态生成页面,其内容因具体的操作对象、内容、用户、时间等的不同而不同,因此难以用一种固定方法处理所有的可能情况。系统通过基于 C 语言的嵌入式脚本库和脚本引擎技术来解决此问题。

脚本库基于 Qt 的 QtScript 模块实现,完全符合 ECMAScript 标准,它封装了系统网络平台服务、实时库接口、历史库接口中的通用功能,实现上述功能的脚本化。脚本库支持所有 C 语言数据类型,可实现脚本数据类型与 C 语言数据类型之间的无缝转换,确保数据的完整和一致。脚本库还实现了消息传递机制,使其内部的类和函数能够捕捉并处理外部的消息事件,同时也能够对外发出消息。脚本的使用满足了多样化交互流程灵活定制的需求。

### 3.2.4 信息交互流程控制

人机交互发生在用户与双向互动平台之间,用于收集并确定用户操作内容。用户操作可细分为多个步骤,每一步操作内容均可自定义,由系统的 C 语言脚本库编写而成,实现对所需相关信息的动态读取。系统脚本引擎把每个步骤都作为一个独立的功能单元,有各自的输入和输出,还可定义相互之间的顺序调用关系。信息交互流程如图 5 所示。

用户开始某一操作请求后,根据页面提示输入

相关信息,确认后向服务端提交操作对象、用户输入和当前步骤等内容。服务端利用脚本引擎加载当前步骤中需要动态执行的内容,并把操作对象、用户输入等辅助信息作为参数传入脚本执行,根据结果确定是否继续。如果当前步骤执行成功,则系统从预定义的顺序调用关系中获取下一步骤信息。如果当前步骤为此项操作的最后一步,系统锁定操作对象,并把具体操作内容提交到内网基础 EMS 执行;如果还有后续步骤,系统将根据当前的执行结果和后续步骤信息动态地生成交互页面返回给客户端。上述流程循环往复,直到交互流程结束为止。

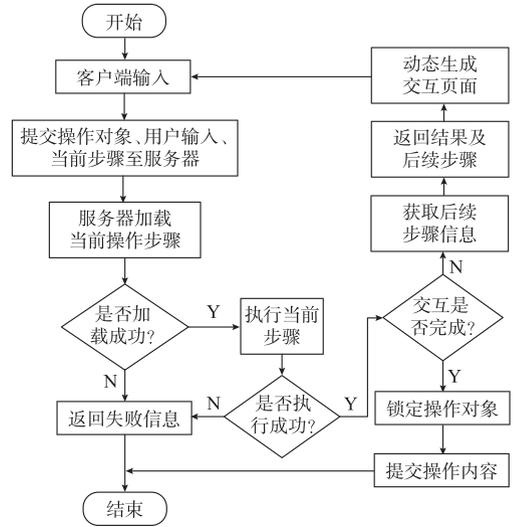


图 5 信息交互流程

Fig. 5 Process of information interactions

### 3.2.5 系统与数据安全

从系统、数据、操作 3 个层面实现用户侧双向互动的安全性。在系统层面上,利用电力系统专用物理隔离装置保证内、外网系统级的信息安全;规定系统的运行维护、操作执行、功能设置等都只能在内网进行,完成后将结果同步到外网;对于属于电力系统范围内的子系统(配电自动化、微电网监控等)数据只支持单向的信息发布,并且需要相应权限认证。在数据层面上,非电网公司用户只能对各自所属的用户侧设备和数据进行监控,并自动屏蔽无权访问的内容。在操作层面上,利用 C 语言脚本库,每一步操作中均可针对特定需求定义权限判断和安全闭锁条件。

## 4 结语

用户是电力系统服务的最终对象,随着智能电网的发展,对于一些与用户紧密相关的领域,如智能配用电园区、智能小区、智能楼宇、用户侧信息互动

平台等的研究越来越多。传统的 EMS 作为对电力系统进行有效控制和管理的一种方法,在上述领域也得到了相应的发展和应用,但遇到了用户侧双向互动功能欠缺的问题。本文阐述的智能配用电园区综合 EMS 用户侧双向互动功能的设计和实现为上述领域的综合 EMS 提供了一套可靠的解决方案,并为智能电网的互动化特征提供了实践支持。

## 参考文献

- [1] 杨永标,周立秋,丁孝华,等.智能配用电园区技术集成方案[J].电力系统自动化,2012,36(10):74-78.  
YANG Yongbiao, ZHOU Liqiu, DING Xiaohua, et al. Technology integration scheme of smart power distribution and utilization park[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(10): 74-78.
- [2] 肖世杰.构建中国智能电网技术思考[J].电力系统自动化,2009,33(9):1-4.  
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 1-4.
- [3] 王伟,何光宇,万钧力,等.用户侧能量管理系统初探[J].电力系统自动化,2012,36(3):10-15.  
WANG Wei, HE Guangyu, WAN Junli, et al. Preliminary investigation on user energy management system [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(3): 10-15.
- [4] HOU Xingzhe, ZHANG Huaiqing, LI Shengfang, et al. Application of agent technology in client energy management system [C]// 2010 International Conference on Broadcast Technology and Multimedia Communication, December 13, 2010, Chongqing, China: 206-209.
- [5] 刘丽,古幼鹏,唐德波.对用户交互响应进行加速的即时编译技术[J].计算机应用,2012,32(3):823-826.  
LIU Li, GU Youpeng, TANG Debo. Just-in-time compilation for improving response speed of user interaction[J]. Journal of Computer Applications, 2012, 32(3): 823-826.
- [6] 江友华,杨俊杰,朱武,等.电力用户侧信息化与智能决策技术[J].上海电力学院学报,2011,27(4):401-404.  
JIANG Youhua, YANG Junjie, ZHU Wu, et al. On power user

- manager and decision-making technology [J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2011, 27(4): 401-404.
- [7] 金学成,孙炜,梁野,等.电力二次系统内网安全监视平台的设计和实现[J].电力系统自动化,2011,35(16):99-104.  
JIN Xuecheng, SUN Wei, LIANG Ye, et al. Design and implementation of inner net security monitoring platform in power secondary systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(16): 99-104.
- [8] 朱全胜,刘娆,李卫东.EMS人机界面输入端设计准则[J].电力系统自动化,2008,32(14):45-49.  
ZHU Quansheng, LIU Rao, LI Weidong. Design rules of human computer interfaces's input-side for the energy management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(14): 45-49.
- [9] 苏立.面向智能用电的信息化方案设计[J].现代计算机,2011(25):59-65.  
SU Li. Design of informatization conceptual for smart power utilization[J]. Modern Computer, 2011(25): 59-65.
- [10] 周恒俊,郭创新,姜新凡.基于OSGi和Web Service的智能用户能量管理平台设计[J].低压电器,2010(10):8-12.  
ZHOU Hengjun, GUO Chuangxin, JIANG Xinfan. Design of energy management platform for smart users based on OSGi and Web Service[J]. Low Voltage Apparatus, 2010(10): 8-12.
- [11] 王国峰.配电安全运行智能监控系统在大型开发园区的应用[J].工业安全与环保,2010,36(8):33-35.  
WANG Guofeng. Application of computerized control system of power distribution safety in large development zone[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2010, 36(8): 33-35.
- [12] 何友斌.物联网下的智能园区安全分析[J].电信网技术,2012(3):41-44.  
HE Youbin. Internet of things smart park safety analysis[J]. Telecommunications Network Technology, 2012(3): 41-44.

曹志刚(1980—),男,工程师,主要研究方向:配电与用电。E-mail: caozhigang@epri. sgcc. com. cn

(编辑 蔡静雯)

## Design and Implementation of User Interaction in Smart Power Distribution and Utilization Park

CAO Zhigang

(China Electric Power Research Institute (Nanjing), Nanjing 210003, China)

**Abstract:** The integration of user side energy management functions, such as the intelligent building, intelligent community, user energy analysis and management, and other user services, have made new requirements on the integrated energy management system (EMS) of the smart power distribution and utilization park. The technical features and functional requirements of user interaction are analyzed, and the architecture of the system and structure of interactive service is proposed. The content of interaction is presented, and technical scheme of implementation is designed. In addition, the implementation of relevant key technologies is described.

This work is supported by National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2011AA05A117, No. 2012AA050214).

**Key words:** smart grid; smart power distribution; smart power consumption; user energy management; interaction