

智能配电网统一模型云与应用服务技术系统

王守相,张卫涛,葛磊蛟

(天津大学 智能电网教育部重点实验室,天津 300072)

摘要:为了解决智能电网建设过程中配电网的信息交叠浪费、数据孤岛以及软硬件平台异构导致的信息无法交互问题,提出配电网异构信息模型融合,将配电网各应用服务系统及软件进行模型融合,搭建了虚拟化模型中心。利用云计算技术协调配电网各应用系统服务,构建了基于模型中心与云计算的统一数据模型应用平台,将配电网主要应用服务系统进行整合并将其部署在云平台上。与传统分散式配电网服务系统相比,智能配电网统一模型云与应用服务系统大幅提高了信息交互共享的效率。

关键词:智能电网;智能配电网;模型融合;云计算;模型云;统一应用服务;配电;信息交互

中图分类号: TM 76

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2015.02.008

0 引言

当前,配电系统正在朝着包含大量数据和信息计算的系统发展,这就使得现在的系统运行和高级分析面临着巨大的困难:一方面,随着数据量的不断提高,对信息系统的数据处理性能要求就更高;另一方面,配电系统高级应用间缺乏有效的信息交互,使得信息交叠浪费、重复开发以及信息兼容性差等问题进一步突出。

智能配电网包含了调度自动化、配电自动化、电网地理信息系统(GIS)、电力生产管理系统(PMS)和营销系统等不同的模型结构^[1]。现有能量管理系统(EMS)虽然能够在一定程度上实现不同标准下的模型融合,但是在智能配电网条件下,分布式能源和需求响应等的参与,对于智能配电网控制中心的快速响应能力的要求越来越高,传统异构模型的融合技术不能满足智能配电网下的需求^[2]。另一方面,信息流数据的指数倍增长,使得传统异构信息模型的融合技术不适应这种智能配电网大数据特征下的要求,不能排除可能出现的信息交叠和数据孤岛等问题,不能实现大范围的数据共享和信息交互^[3-4]。

针对上述存在的问题,亟待通过研究制定配电网数据标准和统一信息全模型,并开发相应工具软件,在打破通道壁垒的基础上,进一步打破数据语义壁垒,形成全局可用配电网统一应用服务模型。此外,由于未来配电网具有大数据、分布式和数据质量差异较大等特征,因而需要开发更为有效的数据中心,提高智能配电网条件下的海量数据处理能力。

云计算技术作为一种新兴的计算模式,已经广泛地应用于许多电力相关行业。很多研究机构 and 学者也开展了大量的关于电力系统云计算的研究工作,文献[5]搭建了基于云计算的电力系计算平台,提高了以往电力系统计算平台的计算和存储等方面的性能,并讨论了云计算在电力系统仿真、调度监控以及可靠性分析等领域的研究前景;文献[6-8]研究了云计算在建设智能电网过程中所遇到的大数据存储、访问与分析、互动式节能调度以及智能电网控制中心建设等方面的应用;文献[9]实现了利用云计算实现电网恢复重构的方法;文献[10-11]研究了云计算在电力系统数据灾备以及电网调度灾备等方面的应用,提高了电力系统灾备中心的资源利用率,使得电网运行的防灾能力进一步加强;文献[12-13]搭建了有关智能电网的云计算平台,给出了相关平台设计的体系架构。但是,目前将云计算与异构模型融合技术进行结合,提供统一的配电网应用服务等方面还有待进一步研究。

本文利用异构模型融合以及虚拟化技术,将配电网下常用应用服务以及各智能分析软件进行模型融合,搭建虚拟化模型中心,并将其部署到云平台上,实现调度自动化、配电自动化、电网 GIS、电力 PMS 和营销系统等模型的统一集成,为配电网规划、运维监控、高级配电自动化和分布式电源并网控制与管理等专业提供高效、灵活、高质量的统一信息模型和应用服务平台。

1 智能配电网异构信息模型融合及云计算技术

1.1 智能配电网异构信息模型及融合技术

异构融合技术大体可分为 3 个阶段:第一阶段是利用数据格式的相互转换实现异构信息模型的融合及互操作,这种方法因为只能实现点对点通信加之开发和维护成本巨大,现在已基本不再使用;第二阶段

收稿日期:2014-03-11;修回日期:2014-12-17
基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2014-AA052003);国家自然科学基金面上项目(51361135704,51377115)
Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (2014AA052003) and the General Program of National Natural Science Foundation of China(51361135704,51377115)

是为了实现信息互操作,采用统一的数据转换标准。这一阶段针对第一阶段的不足,利用统一的数据转换标准来实现信息的互操作以及信息共享;第三阶段是利用统一数据模型和公用应用程序接口实现异构模型融合及信息互操作,这是当今融合技术的主要发展趋势,这个阶段通过屏蔽应用协议以及操作系统等的异构性,实现异构模型之间的融合^[14-15]。

目前,按不同的分类方法,智能配电网共包含有信息流模型、业务流模型和电力流模型这 3 种异构模型。配电系统涉及到的异构信息主要有配电管理系统(DMS)、PMS、营销系统(CM)、计量与负荷管理系统(MS)、工作管理系统(WMS)、GIS 以及配电 SCADA 系统。针对上述信息的集成需求,IEC TC57 WG14 制定了 IEC61968 系列标准。目前,国内外早已基于 IEC61968 标准,进行了大量的互操作和模型验证实验,利用各种模型导入导出工具,通过 Web Service 实现数据在各个异构系统间准确互通。

现今国内外对智能配电网的异构信息模型的处理和差异分析,主要集中在建立合理的通信标准,使不同的异构信息能够在不同地域、不同性质的系统和设备中自由通信,以实现配电系统和输电系统以及用户间的双向贯通和高度整合的信息集成^[16]。但是,对于智能配电网而言,缺乏一个类似总线的统一平台,在将配电网各异构模型进行融合之后,将此模型进行部署,向外界提供统一的应用服务^[17]。

1.2 云计算技术

云计算尚未有准确的定义,大部分学者认为云计算技术是一种基于互联网的计算方式,在此基础上,通过互联网将共享的信息和软硬件资源以服务的形式提供给外界设备进行使用。

随着云计算的研究日臻进步,研究机构和学者开始将其投入到电力应用方面的研究中。英国贝尔法斯特女王大学的学者们在智能电网通信技术的研究中,应用云计算技术解决配电网的回路链路问题,提出一种能够实现全部通信的通用系统,给出了面向智能电网的通信网络模型^[18]。德国西门子研究人员从智能电网数据管理的层面上,提出了基于云计算具体特征的智能电网数据管理的模型,此模型满足不同能源市场参与者的近实时信息检索的需求^[19]。美国能源信息中心、计算机科学部、能源研究所和南加州大学的研究人员将云计算在电力系统的应用研究的理论应用于实际的智能电网中,对洛杉矶智能电网的需求响应进行了涉及云平台方面的研究,其提出的信息学的方法应用在美国能源部赞助的洛杉矶智能电网示范工程,由此产生的软件架构将形成一个灵活和适应性强的洛杉矶智能电网。

云计算技术拥有超强的数据运算、存储等处理能

力,将云计算技术应用到智能配电网中,可以极大地提高未来智能配电网收集、分析、处理、计算各类数据的能力,对电网的智能化和数字化都有极大的促进意义^[20-22]。

1.3 异构信息模型融合与云计算技术

通过研究智能配电网异构信息模型融合,制定配电网数据标准和统一信息全模型,并开发相应工具软件,在打破通道壁垒的基础上,进一步打破数据语义壁垒,形成全局可用配电网数据模型。而且,随着智能配电网的发展,未来配电网肯定会朝着大数据、分布式和数据质量差异增大等方向发展,因此,还需要开展针对大数据、跨专业与跨系统数据共享效率、数据质量、可扩展与易用性、信息流可控与可维护性等方面的研究,为了更加高效、更加准确地对智能配电网下的新问题进行有效的处理,需要应用云计算技术,提高智能配电网收集、分析、处理、计算各类数据的能力。

2 智能配电网模型云与应用服务系统

2.1 智能配电网虚拟化模型中心构建

虚拟化模型中心能够按照功能上的特点和智能配电网的需求特点部署在云平台上,且虚拟化模型中心部署的策略要考虑到云平台可能提供的服务的不同,以划分基础设施即服务(IaaS)、平台即服务以及软件即服务(SaaS)在虚拟化模型中心上的应用特点,除此之外,虚拟化模型中心的部署还应考虑所属操作系统以及服务器的相关要求。

当前,云计算平台种类按照所提供服务的不同,大致可以分为存储型、计算型和综合型 3 类。其中,亚马逊的弹性计算云以及 LuoYunCloud VPS 作为基础设施即服务,可向用户提供虚拟的主机以及软件系统;基于 Google App Engine 所搭建的电力系统仿真平台 InterPSS,向用户提供软件即服务。

本文搭建的虚拟化模型中心是在云计算平台的基础上,将经过配电网异构模型融合之后形成的模型集合进行部署。其中,云计算平台主要是基于 LuoYunCloud VPS,在实验室 10 台计算机上部署 LuoYunCloud Live 系统,用以提供基础设施即服务的云计算资源池环境,具体如下。

- a. 操作系统:Win7 Ultimate;Ubuntu 11.10。
- b. 处理器:Intel®Core™i5-3470 CPU @ 3.20 GHz。
- c. 内存(RAM):4.00 GB。
- d. C++运行环境:Microsoft Visual Studio 2010。
- e. LuoYunCloud Live 0.5。
- f. 网络连接:实验室网络,以 10 Mbit/s 速度接入。

在此基础之上,利用智能配电网各专业异构信息模型的差异分析与比对技术,将配电系统异构数据模

型按照公共信息模型(CIM)为标准进行异构模型融合,形成部署在云平台上的统一数据模型集合。

本文搭建的虚拟化模型中心包括元件级、功能级和系统级 3 级模型。元件级建模包括智能配电网相关设备电气特征的模型和本征特性的模型;功能级建模包括智能配电网调度自动化、配电自动化、电网 GIS、电力 PMS 和营销系统功能的建模,功能级建模不是独立的,而是要考虑到不同功能的差异与联系;系统级建模则整合了不同功能模型的特点和差异。元件级、功能级和系统级 3 级模型在构建过程中,采用虚拟化技术,将配电系统底层的服务器、储存与网络设备等硬件资源进行逻辑化,消除其物理的限制,建立一个共享的运作环境,形成可动态伸缩的、具有强大的存储和计算能力的资源池,并在此基础上将配电系统异构数据模型按照公共信息模型为标准进行异构模型融合,在不改变原有系统的情况下,实现各软硬件系统信息模型的集成交互和数据共享。图 1 为虚拟化模型中心结构图。

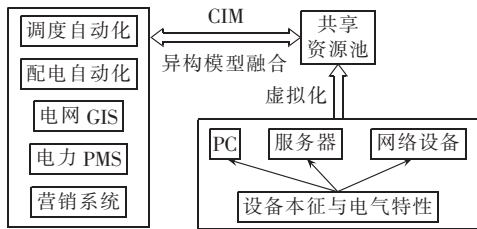


图 1 虚拟化模型中心结构图

Fig.1 Structure of virtual model center

本文所构建的虚拟化模型中心的逻辑结构共有 3 层:核心层是公共信息模型层,按照公共信息模型为标准将配电和变电模型、电力市场模型以及控制中心模型等进行融合,并通过虚拟化技术,建立统一的、部署在云上的模型集合;其次是公共通信映射层,根据 IEC61850 系列的通信映射标准,将模型集合之间的各个数据进行映射,实现不同层次、不同模型间的通信;再次是公共应用接入层,主要提供标准的应用程序接口,对于用户各自不同的访问请求分别做出对应的响应,并依据各响应向用户提供不同的服务原语,主要的服务原语包括请求、应答服务原语,Open/Close、Read/Write 基本服务原语以及 Send/Receive 服务原语等,所有外界用户及设备只能通过公共应用接入层与模型中心进行交互。

图 2 为虚拟化模型中心逻辑图。

虚拟化模型中心基于智能配电网各专业异构信息模型的差异分析与比对技术,对配电网中常用的调度自动化、配电自动化、电网 GIS、电力 PMS 和营销系统等应用系统以及其他各类应用软件等异构模型进行集成融合,并利用虚拟化和云计算技术,构建部署在云平台上的共享模型集合,形成具有统一标准、

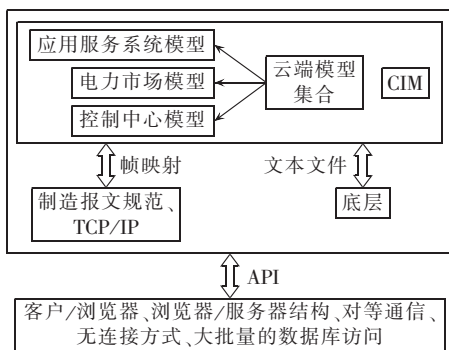


图 2 虚拟化模型中心逻辑图

Fig.2 Logic diagram of virtual model center

较大规模、高通用性以及易于拓展的虚拟化模型中心,实现各个接入系统与配网系统异构信息和同构信息的数据语义统一。所构建的虚拟化模型中心能够满足智能配电网不同功能的需要,且虚拟化模型中心便于控制访问需求和数据的安全性;能够管理对于数据的访问权限和访问层级。该虚拟化模型中心具有建模效率高、易于拓展和部署的特点并且能够兼容已有系统,可将配电网各应用系统数据转换为全局可用数据,解决配电网仍然存在的数据分散、质量粗糙、模型混乱、语义不一致及标识不统一等问题。

2.2 智能配电网模型云及应用服务系统

在虚拟化模型中心的基础上,将各系统资源进行整合,构建系统共享资源池,实现配电网高级应用系统间的互操作,共同集成为一个适应智能配电网管理要求的统一应用服务系统,即本文搭建的智能配电网模型云及应用服务系统。

智能配电网模型云平台的系统架构主要分为 6 层,分别是任务调度层、数据管理层、计算逻辑层、物理计算设备层、物理存储设备层和 Web 层。智能配电网模型云平台的核心是任务调度层,该层主要负责划分用户的计算任务和存储任务,并决定实现该计算任务和存储任务所需要的相应设备;除此之外,该层还负责整合计算结果,读取数据,并将数据进行输出以及将计算结果向用户进行反馈。计算逻辑层主要负责控制计算进程,并返还计算结果。数据管理层主要负责控制数据的处理进程。Web 层主要负责部署智能配电网模型云平台的 Web 站点,实现用户与云平台的交互。智能配电网模型云平台架构图如图 3 所示。

智能配电网模型云平台使用存储虚拟化以及专用服务器虚拟化技术,利用网络将各种广域异构计算资源整合,从而构筑共享资源池;任务调度层采用动态任务分配方式,按计算处理指令,将待处理任务分配到共享资源池里的多个计算节点进行同时计算,并通过合理的通信和文件管理方式,充分提高计算资源的利用率,提高运行效率以及任务处理性能;

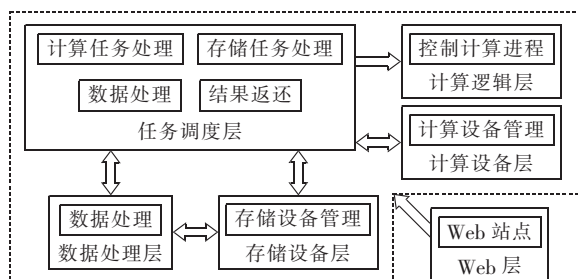


图 3 智能配电网模型云平台架构图
Fig.3 Model cloud platform of smart distribution network

同时,采用容错机制和任务再分配机制,使得当计算节点不能完成计算任务时将此计算节点的任务转移到其他节点继续进行以完成计算。任务完成后,整理结果并通过 Web 层向用户进行反馈。

智能配电网模型云及应用服务系统由基础支持云层、模型融合云层、配电业务云层和配电管理服务云层组成。

基础支持云层利用虚拟化技术将系统软硬件资源以及相关管理功能进行整合,实现资源部署、数据处理、负载处理以及安全管理等功能,并向外层提供动态可伸缩的基础设施服务。

模型融合云层对配电系统的异构信息模型进行比对分析和差异化研究,将配电网常用应用服务系统及软件等异构模型进行融合,实现配电网统一模型集成。

配电业务云层是虚拟化模型中心的部署集合,利用虚拟化模型中心包含的配电系统常用应用系统以及各智能分析软件对配电系统的不同业务进行分析处理,借此实现配电系统的业务处理功能。

配电管理服务云层主要实现智能配电网模型云及应用服务系统的部署及管理,处理用户需求与系统响应间的关系,并以服务形式满足不同级别的电力企业用户需求。

智能配电网模型云及应用服务系统架构图如图 4 所示。

智能配电网模型云及应用服务系统具有省级部署功能,将网调、地调、县调的资源整合,从异构信息数据采集到大数据处理,都充分运用了云的虚拟化技术。在云的虚拟化以及模型融合技术的辅助下,将配电网各高级应用服务系统及软件进行融合,并将分散的、闲置的计算资源充分利用,同时根据负荷分配算法,使得资源能够被合理利用。图 5 为智能配电网模型云及应用服务系统总线图。

在实现省级部署功能时,由于要跨越广域网运行,且各级之间需要实时通信,所以在任务处理的过程中由于网络延迟等的影响,会产生相应的通信损耗,影响任务的处理性能。因此,需要满足各级之间的网

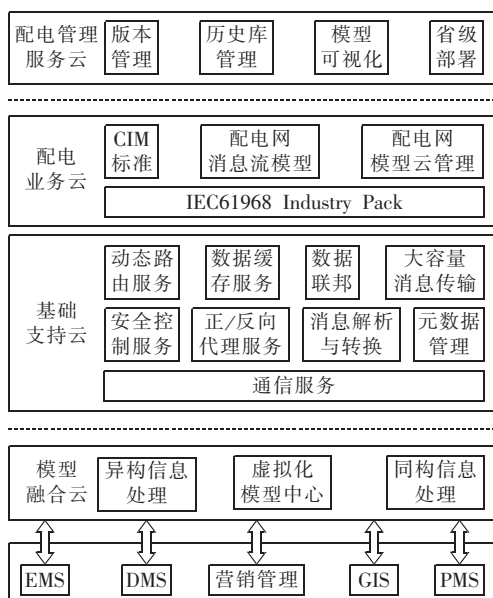


图 4 智能配电网模型云及应用服务系统架构
Fig.4 Architecture of smart distribution network model cloud and application service system

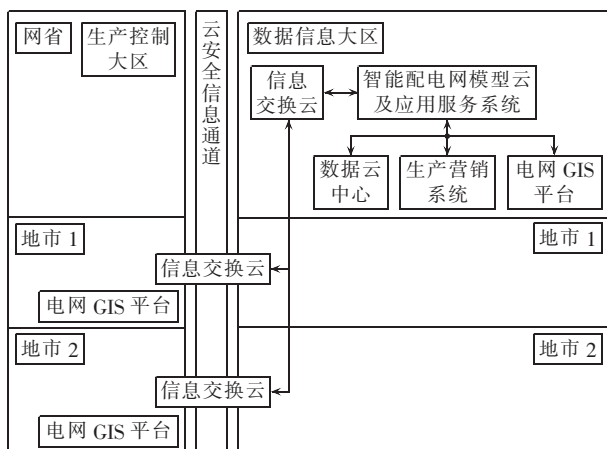


图 5 智能配电网模型云及应用服务系统总线图
Fig.5 Bus diagram of smart distribution network model cloud and application service system

络接入限制,确保响应速度;合理调度任务以及通信方式,按就近访问计算原则,降低通信延迟,减少调度管理和数据传输造成的时间损耗,提高系统总体的计算和任务处理性能。

2.3 与传统配电网服务系统的对比

传统分散式配电网服务系统一般而言功能单一,而且规模较小,只是面向单一的业务处理进行独立设计开发,信息相对独立,不具备综合业务处理能力;服务系统的操作流程和业务功能等各方面兼容性较差、交互共享能力不足,缺乏扩展性和灵活性,难以提供统一、完整的信息视图和信息展示,无法动态适应电力企业业务环境可能发生的变化;服务系统的软硬件资源不能得到充分的使用,综合利用率偏低,其运营、维护以及管理成本较高。

本文构建的智能配电网模型云及应用服务系统

利用异构信息模型融合以及云计算技术,将调度自动化、配电自动化、电网 GIS、电力 PMS 和营销系统等模型进行融合,向外界提供统一的配电网应用服务系统服务。该系统与传统分散式配电网服务系统相比具有易于拓展和部署的特点,能够兼容已有系统,解决了配电网仍然存在的数据分散、质量粗糙、模型混乱、语义不一致及标识不统一等问题,大幅提高了信息交互共享的效率。

配电网应用服务系统对比如表 1 所示。

表 1 配电网应用服务系统对比
Table 1 Comparison between traditional and proposed distribution network application service systems

性能	传统分散式配电网服务系统	智能配电网模型云及应用服务系统
功能	面向单一业务处理进行开发,功能单一,规模较小	将配电网各高级应用服务系统及软件进行模型融合,具有综合业务处理能力
拓展性	规模较固定,缺乏拓展性	利用云计算以及虚拟化技术,具有较高的可拓展性
兼容性	异构系统缺乏兼容性	利用模型融合技术,可实现异构系统间的兼容,且可兼容现有系统
交互共享能力	处理业务较为单一,交互共享能力不足	数据模型一致,底层平台通用,可方便实现不同信息的互操作及数据共享
全局共享效率	通信开销较大,信息共享效率低	采用统一数据模型,打破语义壁垒,大幅提高了全局信息交互共享的效率
资源利用率	软硬件资源得不到充分使用,综合利用率偏低	构建虚拟化模型中心资源池,将配电系统的软硬件资源充分调度利用起来,大幅提高了系统资源利用率
运行维护	系统分散,运营、维护及管理成本较高	系统统一部署,方便管理维护,运营成本较低

3 结 语

本文分析了配电网目前存在的信息孤岛以及现有配电网应用平台无法适应智能配电网发展等问题,提出了采用模型中心与云计算相结合的解决方法,通过虚拟化以及模型融合技术建立智能配电网模型云及应用服务系统,实现调度自动化、配电自动化、电网 GIS、电力 PMS 和营销系统等模型的融合,为配电网规划、运维监控、高级配电自动化和分布式电源并网控制与管理等专业提供高效、灵活、高质量的统一信息模型和应用服务平台。

同时,基于云计算的技术特点,智能配电网模型云与应用服务系统具有易于拓展和部署的特点,并且能够兼容已有系统,可将配电网各应用系统数据转换为全局可用数据,解决了配电网仍然存在的数据分散和模型混乱等问题,由于采用通用的底层平台以及一致的数据模型,能够方便快捷地实现异构信息间的互操作以及数据共享,从而打破目前统一信息模型下的数据语义壁垒,提高了信息交互的效率。

当然,智能配电网模型云及应用服务系统的功能尚有待进一步完善,在配电网虚拟化模型中心搭建方面还需要进一步统一模型融合标准,而且平台的安全性能也有待进一步提高。未来的工作应加强统一应用服务系统体系研究,考虑各分布式电源和可再生能源接入带来的影响,并加强系统安全研究。

参考文献:

[1] 徐宁,朱永利,邸剑,等. 基于 IEC61850 的变电站自动化对象建模[J]. 电力自动化设备,2006,26(3):85-89.
XU Ning,ZHU Yongli,DI Jian,et al. Substation automation object modeling based on IEC61850[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(3):85-89.

[2] 吴国沛,刘育权. 智能配电网技术支持系统的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(21):162-166.
WU Guopei,LIU Yuquan. Research and application of technology support system for smart distribute grid[J]. Power System Protection and Control,2010,38(21):162-166.

[3] 曹一家,刘毅,高振兴,等. 一种大规模电网故障诊断的多智能体信息融合模型与方法[J]. 电力自动化设备,2010,30(7):14-18.
CAO Yijia,LIU Yi,GAO Zhenxing,et al. Model and method of large scale grid fault diagnosis based on multi-agent system and information fusion technology[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(7):14-18.

[4] 黄辉,舒乃秋,李自品,等. 基于信息融合技术的电力系统暂态稳定评估[J]. 中国电机工程学报,2007,27(16):19-23.
HUANG Hui,SHU Naiqiu,LI Zipin,et al. Power system transient stability assessment based on information fusion technology[J]. Proceedings of the CSEE,2007,27(16):19-23.

[5] 赵俊华,文福拴,薛禹胜,等. 云计算:构建未来电力系统的核心计算平台[J]. 电力系统自动化,2010,34(15):1-8.
ZHAO Junhua,WEN Fushuan,XUE Yusheng,et al. Cloud computing:implementing an essential computing platform for future power systems[J]. Automation of Electric Power Systems,2010,34(15):1-8.

[6] 宋亚奇,周国亮,朱永利. 智能电网大数据处理技术现状与挑战[J]. 电网技术,2013,37(4):927-935.
SONG Yaqi,ZHOU Guoliang,ZHU Yongli. Present status and challenges of big data processing in smart grid[J]. Power System Technology,2013,37(4):927-935.

[7] 李俊雄,黎灿兵,曹一家,等. 面向智能电网的互动式节能调度初探[J]. 电力系统自动化,2013,37(8):20-25.
LI Junxiong,LI Canbing,CAO Yijia,et al. Preliminary investigation on interactive energy-saving dispatch oriented to smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems,2013,37(8):20-25.

[8] 王广辉,李保卫,胡泽春,等. 未来智能电网控制中心面临的挑战和形态演变[J]. 电网技术,2011,35(8):1-5.
WANG Guanghui,LI Baowei,HU Zechun,et al. Challenges and future evolution of control center under smart grid environment[J]. Power System Technology,2011,35(8):1-5.

[9] 张浩,和敬涵,尹航,等. 电网孤岛重构的云计算策略[J]. 中国电机工程学报,2011,31(34):77-84.
ZHANG Hao,HE Jinghan,YIN Hang,et al. Power grid islands service restoration based on cloud computing[J]. Proceedings of the CSEE,2011,31(34):77-84.

- [10] 朱征,顾中坚,吴金龙,等. 云计算在电力系统数据灾备业务中的应用研究[J]. 电网技术,2012,36(9):43-50.
ZHU Zheng, GU Zhongjian, WU Jinlong, et al. Application of cloud computing in electric power system data recovery [J]. Power System Technology, 2012, 36(9): 43-50.
- [11] 李立新,谢巧云,袁荣昌,等. 电网调度云灾备系统优化分析与设计[J]. 电力系统自动化,2012,36(23):82-86.
LI Lixin, XIE Qiaoyun, YUAN Rongchang, et al. Optimization analysis and design of cloud disaster backup system for power dispatching[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(23): 82-86.
- [12] 王德文,宋亚奇,朱永利. 基于云计算的智能电网信息平台[J]. 电力系统自动化,2010,34(22):7-12.
WANG Dewen, SONG Yaqi, ZHU Yongli. Information platform of smart grid based on cloud computing[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(22): 7-12.
- [13] 刘萌,褚晓东,张文,等. 负荷分布式控制的云计算平台构架设计[J]. 电网技术,2012,36(8):140-144.
LIU Meng, CHU Xiaodong, ZHANG Wen, et al. Design of cloud computing architecture for distributed load control[J]. Power System Technology, 2012, 36(8): 140-144.
- [14] KONG Q J, LI Z, CHEN Y, et al. An approach to urban traffic state estimation by fusing multisource information[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2009, 10(3): 499-511.
- [15] 刘亚南,卫志农,朱艳,等. 基于 D-S 证据理论的短期风速预测模型[J]. 电力自动化设备,2013,33(8):131-136.
LIU Yanan, WEI Zhinong, ZHU Yan, et al. Short-term wind speed forecasting model based on D-S evidence theory [J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(8): 131-136.
- [16] 王炯琦,周海银,吴翊,等. 基于模型概率的多模型融合定轨建模及仿真[J]. 系统仿真学报,2008,20(17):4722-4726.
WANG Jiongqi, ZHOU Haiyin, WU Yi, et al. Modeling and simulation on multiple model fusion for satellite orbit determination based on model probability[J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(17): 4722-4726.
- [17] 赵俊华,文福拴,薛禹胜,等. 电力信息物理融合系统的建模分析与控制研究框架[J]. 电力系统自动化,2011,35(16):1-8.
ZHAO Junhua, WEN Fushuan, XUE Yusheng, et al. Modeling analysis and control research framework of cyber physical power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(16): 1-8.
- [18] JIN X, HE Z, LIU Z. Multi-agent-based cloud architecture of smart grid[J]. Energy Procedia, 2011, 12: 60-66.
- [19] ABADI D J. Data management in the cloud: limitations and opportunities[J]. IEEE Data Engineering Bulletin, 2009, 32(1): 3-12.
- [20] 刘汉宇,牟龙华. 微电网 CPS 体系架构及其物理端研究[J]. 电力自动化设备,2012,32(5):34-37.
LIU Hanyu, MU Longhua. Architecture of microgrid CPS and research of its physical side[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(5): 34-37.
- [21] 王德文,肖磊,肖凯. 智能变电站海量在线监测数据处理方法[J]. 电力自动化设备,2013,33(8):142-146.
WANG Dewen, XIAO Lei, XIAO Kai. Processing of massive online monitoring data in smart substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(8): 142-146.
- [22] 宋亚奇,刘树仁,朱永利,等. 电力设备状态高速采样数据的云存储技术研究[J]. 电力自动化设备,2013,33(10):150-156.
SONG Yaqi, LIU Shuren, ZHU Yongli, et al. Cloud storage of power equipment state data sampled with high speed [J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(10): 150-156.

作者简介:



王守相

王守相(1973—),男,山东潍坊人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向为智能配电系统分析、分布式发电系统分析与仿真(E-mail: sxwang@tju.edu.cn);

张卫涛(1990—),男,河北邢台人,硕士研究生,研究方向为云计算技术在电力系统中的应用(E-mail: wtzhang@tju.edu.cn);

葛磊蛟(1984—),男,湖北咸宁人,博士研究生,研究方向为电力系统控制和运行。

Unified model cloud and application service system for smart distribution network

WANG Shouxiang, ZHANG Weitao, GE Leijiao

(Key Laboratory of Smart Grid of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Aiming at the information overlapping, the data island and the information interaction blocking caused by the heterogeneous software/hardware platform in smart grid construction, a concept of heterogeneous information model fusion is proposed, which builds a virtual model center to integrate different models of application service system and software together. The cloud computing technology is applied to coordinate different distribution network service application systems and a unified data model application platform based on the model center and cloud computing technology is constructed. The main application service systems of distribution network are integrated on the cloud platform. Compared with the traditional decentralized distribution network service system, the unified model cloud and application service system of smart distribution network greatly improves the efficiency of information interaction and sharing.

Key words: smart grid; smart distribution network; model fusion; cloud computing; model cloud; unified application service; electric power distribution; information interaction