

# 基于云计算的智能电网信息平台

王德文，宋亚奇，朱永利

(华北电力大学控制与计算机工程学院，河北省保定市 071003)

**摘要：**坚强智能电网是未来电网的发展趋势，而信息平台是支撑坚强智能电网建设的重要基础。为了充分利用计算资源，满足智能电网对全部信息的可靠存储和高效管理的需要，提出基于云计算的智能电网信息平台，给出了该平台的体系结构，并详细分析了新方法的可行性、优势及需要解决的问题。针对智能电网状态监测的特点，结合 Hadoop 云计算技术，提出智能电网状态监测云计算平台的解决方案。研究云计算中的虚拟化、分布式存储与并行编程模型等问题，实现智能电网海量信息的可靠存储与快速并行处理。

**关键词：**云计算；智能电网；虚拟化；分布式存储；并行处理

## 0 引言

进入 21 世纪后，美国电力科学研究院、美国能源部以及欧盟委员会等纷纷提出各自对未来智能电网的设想和框架，国际电工委员会、国际大电网会议组织等国际组织也给予智能电网高度关注<sup>[1-2]</sup>。在国内，国家电网公司确立了建设坚强智能电网的发展战略，提出了以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展、具有“信息化、自动化、互动化”特征的坚强智能电网发展目标。

电网的智能化体现为能够全面、及时地掌握电网运行的信息，综合各自动化功能系统对信息分析的结果，做出最优的反应。因此，精确、快速、开放、共享的信息系统是智能电网的基础，也是智能电网与传统电网的最大区别<sup>[3]</sup>。信息平台是支撑统一坚强智能电网建设的公共平台和重要手段。统一坚强智能电网的建设对信息平台提出了更高的要求：①要求贯通智能电网的发电、输电、变电、配电、用电、调度 6 个环节，实现信息的全面采集、流畅传输和高效处理，支撑电力流、信息流、业务流的高度一体化；②要求建立信息共享透明、集成规范、功能强大的业务协同和互操作平台；③要求海量信息的可靠存储与管理，充分挖掘信息的潜在价值，提升智能分析和决策支持水平。

目前存在多种信息平台建设方案，包括国家电网公司的 SG186 与国家电网企业资源计划(SG-ERP)、南方电网公司的基于面向服务架构(SOA)

的企业级信息系统、华东电网企业级信息系统、华北电网企业级信息技术集成平台、西北电网企业资源计划(ERP)项目以及上海电力公司 SG186 示范工程等<sup>[4-5]</sup>。SG-ERP 将在更大范围内优化资源配置，以支撑坚强智能电网建设和公司集约化管理为重点，涵盖包括资产全寿命管理、用电信息采集、全面风险管理和电网调度等公司所有业务。上述解决方案仍然采用常规的数据存储与管理方法，基础架构大多采用价格昂贵的大型服务器，存储硬件采用磁盘阵列，数据库管理软件采用关系数据库系统，紧密耦合类业务应用采用套装软件，因此，系统扩展性较差、成本较高。智能电网环境下数据量将巨增，对可靠性和实时性要求更高，面对这些海量、分布式、多源异构的信息，常规的数据存储与管理方法会遇到极大的困难。

云计算是一种新兴的计算模型，具备可靠性高、数据处理量巨大、灵活可扩展以及设备利用率高等优势，正成为信息领域研究的热点，包括 Google, Amazon, IBM 与 Microsoft 在内的几乎所有的 IT 行业巨头都将云计算作为未来发展的主要战略之一<sup>[6-8]</sup>，这给上述问题的解决带来了机遇。本文提出采用云计算技术构建智能电网信息平台，充分利用计算资源，实现智能电网全部业务信息的可靠存储和管理，具有成本低、可靠性高、易扩展等优势，为智能电网信息平台的建设提供了全新的解决思路。

## 1 云计算概述

目前，对于云计算的认识还在不断的发展和完善，云计算仍没有普遍一致的定义。

维基百科将云计算定义为一种计算方式，通过互联网将资源以服务的形式提供给用户，而用户不

收稿日期：2010-07-02；修回日期：2010-08-18。  
国家自然科学基金资助项目(60974125)；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(10QG22)。

需要知道如何管理那些支持云计算的基础设施。

根据中国云计算网的定义,云计算是分布式计算、并行计算和网格计算的发展,或者说是这些科学概念的商业实现。云计算是虚拟化、效用计算、SOA 等概念混合演进的结果。

结合上述云计算的描述,可以总结出云计算的主要特点,即分布式的计算和存储、超大规模、虚拟化、高可靠性、良好的管理性与扩展性、极其廉价等。

云计算技术研究尚处于起步阶段,目前主要应用于互联网、商业和科学计算等领域<sup>[9-12]</sup>,例如中国移动已经正式将云计算确定为公司战略发展的重要方向之一,并建设了“大云”试验平台。目前,云计算在电力工业方面的深入研究与应用仍不多见。

## 2 云计算在智能电网信息平台中的应用

电网具有规模大、模型复杂、多级、多层次等显著特点。特别是随着太阳能、风能、水能等可再生能源逐渐接入电网以及分布式能源技术的不断发展,电网的规模将更大、复杂性更高、分布更广。下面分析智能电网信息平台的应用需求,结合云计算的虚拟化、平台管理、海量分布式存储、数据管理以及并行编程模式等关键技术,叙述基于云计算的智能电网信息平台的优越性。

### 2.1 异构资源的集成与管理

智能电网信息平台的首要功能是实现大规模异构信息与资源的整合优化,为智能电网提供资源集约化配置的数据中心。

#### 1) 异构资源的整合优化

电网各信息系统大多是基于本业务或本部门的需求,存在不同的平台、应用系统和数据格式,导致信息与资源分散,异构性严重,横向不能共享,上下级间纵向贯通困难<sup>[13]</sup>。例如:电力系统中存在监视、控制、维护、能量管理、配电管理、市场运营、ERP 等各类信息系统,大多处于相互分离状态,彼此不能有效结合,数据信息不能集成共享。

云计算可以充分整合电力系统现有的业务数据信息与计算资源,建立业务协同和互操作的信息平台,满足智能电网对信息与资源的高度集成与共享的需要。与网格计算采用中间件屏蔽异构系统的方法不同,云计算利用服务器虚拟化、网络虚拟化、存储虚拟化、应用虚拟化与桌面虚拟化等多种虚拟化技术,将各种不同类型的资源抽象成服务的形式,针对不同的服务用不同的方法屏蔽基础设施、操作系统与系统软件的差异。例如:云计算的基础设施层采用经过虚拟化后的服务器资源、存储资源与网络资源,能够以基础设施即服务(IaaS)的方式通过互

联网被用户使用和管理,从而可以更有效地屏蔽硬件产品上的差异。

#### 2) 基础设施资源的自动化管理

智能电网信息平台的基础设施规模庞大,数量众多且分布在不同地点,同时运行着多种应用。例如:国网公司的信息化平台在公司总部与各个网省公司建立 2 级数据中心,实现公司总部、网省公司、地市县公司的 3 层应用。如何有效管理这些基础设施、减少数据中心的运营成本是一个巨大的挑战。

与网格计算侧重于聚合分布资源、主要支持协同科学研究等相对集中的挑战性应用不同,云计算主要以数据中心的形式提供底层资源的使用。另外,云计算从一开始就支持广泛企业计算,普适性更强。因此,云计算更能满足智能电网信息平台中数据中心建设的需要。

云计算的平台管理技术,例如 Google 的 Borg,能够使大量的服务器协同工作,方便进行业务部署和开通,快速发现和恢复系统故障,通过自动化、智能化的手段实现大规模系统的可靠管理。例如:常规存储的管理往往非常复杂,不同存储厂商有不同的管理界面,而对云计算技术来说,每台存储服务器的使用状况,都可以在一个管理界面上看到。

目前,各省或地区供电公司闲置着许多未充分利用的计算与存储资源。云计算技术的扩容非常简单,可以直接利用闲置的 x86 架构的服务器搭建,且不要求服务器类型相同,大幅降低建设成本,并借助虚拟化技术的伸缩性和灵活性,提高资源的利用率。

传统数据中心通常建立在计算机集群之上,意外的硬件损坏不可避免。云计算技术通过将文件复制并且存在不同的服务器,解决了硬件意外损坏这个潜在的难题。另外,几乎所有的软件和数据都在数据中心,便于集中维护,而云计算对用户端的设备要求最低,几乎不存在维护任务。

### 2.2 海量数据的分布式存储与管理

在智能电网信息平台上,信息系统种类繁多,用户的服务请求巨大,数据呈现海量,而电力系统现有的采用关系数据库系统等常规数据存储与管理的方法将无法海量数据存储与管理的需求。

#### 1) 海量电网数据的可靠存储

在未来智能电网环境下,数据采集与监控(SCADA)系统、相量测量单元(PMU)、设备状态监测系统、智能电表采集的数据量将是非常巨大的。

云计算采用分布式存储的方式来存储海量数据,并采用冗余存储与高可靠性软件的方式来保证数据的可靠性。云计算系统中广泛使用的数据存储系统之一是 Google 文件系统(GFS)<sup>[14]</sup>。GFS 将节

点分为 3 类角色:主服务器(master server)、数据块服务器(chunk server)与客户端(client)。主服务器是 GFS 的管理节点,存储文件系统的元数据,负责整个文件系统的管理;数据块服务器负责具体的存储工作,文件被切分为 64 MB 的数据块,保存 3 个以上备份来冗余存储;客户端提供给应用程序的访问接口,以库文件的形式提供。客户端首先访问主服务器,获得将要与之进行交互的数据块服务器信息,然后直接访问数据块服务器完成数据的存取。由于客户端与主服务器之间只有控制流,而客户端与数据块服务器之间只有数据流,可以极大地降低主服务器的负载,并使系统的 I/O 高度并行工作,进而提高系统的整体性能。因此,云计算可以满足智能电网信息平台对海量数据存储的需要,相比较 IBM 的通用并行文件系统(GPFS)和 Sun 公司的 Lustre 等传统分布式文件系统,由于采用廉价计算机、中心服务器模式、不缓存数据以及在用户态来实现,可以在一定规模下达到成本、可靠性和性能的最佳平衡。

## 2) 各类电网数据的高效管理

电网数据广域分布、种类众多,包括实时数据、历史数据、文本数据、多媒体数据、时间序列数据等各类结构化和半结构化数据,各类数据查询与处理的频度及性能要求也不尽相同。例如:电力设备状态数据包括实时在线状态数据,以及设备基本信息、试验数据、运行数据、缺陷数据、巡检记录、带电测试数据等离线信息,其中有结构化的采集密集的时间序列数据(包括输电线路监测的短路、泄露电流的采样数据,故障录波器的暂态波形和事故数据)和非结构化数据(包括输电线路覆冰、舞动、危险点的图片和视频等),对在线状态数据的处理性能要求远高于离线数据。

云计算的数据管理技术能够满足智能电网信息平台对分布的、种类众多的数据进行处理和分析的需要。以作为云计算中数据管理技术的 Google 的 BigTable<sup>[15]</sup>为例。BigTable 是针对数据种类繁多、海量的服务请求而设计的,这正符合上述智能电网信息平台的特点与需要。与传统的关系数据库不同,BigTable 把所有数据都作为对象来处理,形成一个巨大的分布式多维数据表,表中的数据通过一个行关键字、一个列关键字以及一个时间戳进行索引。BigTable 将数据一律看成字符串,不作任何解析,具体数据结构的实现需要用户自行处理,这样可以提供对不同种类数据的管理。另外,采用时间戳记录各类数据的保存时间,并用来区分数据版本,可以满足各类数据的性能要求,具有很强的可扩展性、

高可用性以及广泛的适用性。因此,云计算能够高效地管理智能电网信息平台中类型不同、性能要求不同的各类多元数据。

## 2.3 快速的电力系统并行计算与分析

为了实现电网的安全稳定运行,需要在智能电网信息平台提供的海量数据的基础上,进行大规模的电力系统计算、分析、仿真、优化、规划、设计和决策,包括潮流与最优潮流计算、暂态稳定计算、故障计算、拓扑分析、状态估计、数据挖掘与智能决策等,其计算需求已远远超出普通计算系统的承受能力。例如:电力系统暂态稳定计算的基本方法之一是时域仿真法,面对大规模的智能电网,计算量极大,由于计算能力的限制,只能应用于离线的安全分析。

云计算可以为电力系统计算提供高性能的并行处理能力,并提供并行编程模式使并行算法的开发变得简单方便。

MapReduce<sup>[16]</sup>是 Google 提出的一个并行编程模式,用于大规模数据集的并行计算,其运行环境由客户端、主节点和工作节点组成。客户端将用户的并行处理作业提交给主节点;主节点自动将作业分解为 Map 任务和 Reduce 任务,并将任务调度到工作节点;工作节点负责任务的执行。可以看出,MapReduce 对数据的所有操作都归结为 Map 和 Reduce 这 2 个阶段,这样,开发人员向 MapReduce 提交的程序中仅仅需要定义 Map 函数和 Reduce 函数,而并行化、容错和负载均衡等依靠 MapReduce 的自动处理。因此,MapReduce 能够将电力系统业务逻辑与并行计算的复杂细节划分开来,屏蔽底层实现细节,赋予开发人员强大的并行应用开发能力。

综上所述,云计算应用于智能电网信息平台是可行的,并能有效解决智能电网环境下异构资源的整合、海量数据的分布式存储和快速并行计算等问题。

## 3 基于云计算的智能电网信息平台

### 3.1 基于云计算的智能电网信息平台的体系结构

本文参照云计算技术体系结构,并结合智能电网信息平台的实际需要,将云计算技术引入智能电网信息平台,如图 1 所示。

基于云计算的智能电网信息平台技术架构应该包括 4 个层次:基础设施层、平台层、业务应用层与服务访问层。

1) 基础设施层:是经虚拟化后的硬件资源和相关管理功能的集合,通过虚拟化技术对计算机、存储设备与网络设备等硬件资源进行抽象,实现内部流程自动化与资源管理优化,包括数据管理、负载管

理、资源部署、资源监控与安全管理等,从而向外部提供动态、灵活的基础设施层服务,包括系统管理、用户管理、系统监控、镜像管理与账户计费等。

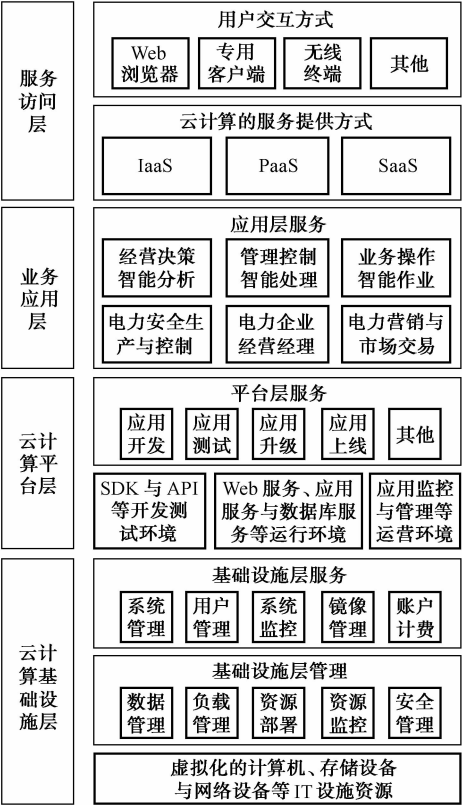


图 1 基于云计算的智能电网信息平台的体系结构  
Fig. 1 Architecture of information platform for smart grid based on cloud computing

2)平台层:是具有通用性和可重用性的软件资源的集合,为云应用提供软件开发套件(SDK)与应用编程接口(API)等开发测试环境,Web 服务器集群、应用服务器集群与数据库服务器集群等构成的运行环境,以及管理监控的环境。通过优化的“云中中间件”,能够更好地满足电力业务应用在可伸缩性、可用性和安全性等方面要求。

3)业务应用层:是云上应用程序的集合,对于智能电网信息平台而言,这些软件包括电力安全生产与控制、电力企业经营管理和电力营销与市场交易等领域的业务软件,以及经营决策智能分析、管理控制智能处理与业务操作智能作业等智能分析软件。

4)服务访问层:作为一种全新的商业模式,云计算以 IT 即服务的方式提供给用户使用,包括 IaaS、平台即服务(PaaS)和软件即服务(SaaS),能够在不同应用级别上满足电力企业用户的需求。IaaS 为用户提供基础设施,满足企业对硬件资源的需求;PaaS 为用户提供应用的基本运行环境,支持企业在平台中开发应用,使平台的适应性更强;SaaS 提供

的支持企业运行的一般软件,使企业能够获得较快的软件交付,以较少的 IT 投入获得专业的软件服务。

考虑到智能电网信息平台规模庞大、业务种类众多,在实现过程中,可以结合业务的特点与实际需要,进行必要的简化设计。下面以上述基于云计算的智能电网信息平台的体系结构为基础,以智能电网信息平台中的电力设备状态监测作为切入点,研究智能电网状态监测云计算平台的实现。

3.2 智能电网状态监测云计算平台的设计

针对智能电网状态监测的特点,结合 Hadoop 开源云计算技术,提出智能电网状态监测的云计算平台,采用廉价的服务器集群,借助虚拟机实现资源的虚拟化,采用分布式的冗余存储系统以及基于列存储的数据管理模式来存储和管理数据,保证智能电网海量状态数据的可靠性和高效管理。另外,设计基于 MapReduce 的状态数据并行处理系统可以为状态评估、诊断与预测提供高性能的并行计算能力以及通用的并行算法开发环境。智能电网状态监测云计算平台如图 2 所示。

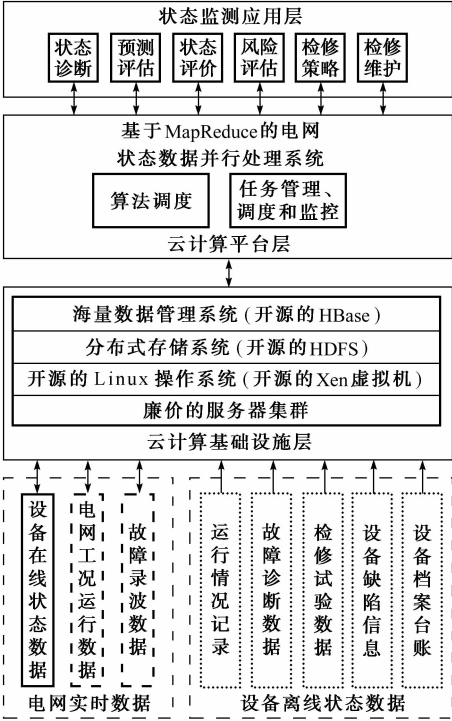


图 2 智能电网状态监测云计算平台  
Fig. 2 Condition monitoring platform based on cloud computing in smart grid

为了充分利用目前各省或地区供电公司闲置的大量服务器资源,采用廉价的服务器集群,由于不要求服务器类型相同,可以大幅降低建设成本,并借助虚拟机实现资源的虚拟化,提高设备的利用率。当

然,廉价服务器集群虽然性价比高,但是机器故障率大,因此采用分布式的冗余存储系统来存储数据,保证数据的可靠性,以高可靠的软件来弥补硬件故障率大的缺陷。

智能电网使状态监测数据向高采样率、连续稳态记录和海量存储的趋势发展,远远超出传统电网状态监测的范畴。不仅涵盖一次系统设备,还囊括了二次系统设备;不仅包括实时在线状态数据,还应包括设备基本信息、试验数据、运行数据、缺陷数据、巡检记录、带电测试数据等离线信息。数据量极大,可靠性和实时性要求高。以绝缘子泄漏电流监测为例,假设 10 ms 采集 1 次数据,1 个杆塔在 1 个月内就达到了 2.5 亿条数据记录,对于关系数据库来说,在一张有 2.5 亿条记录的表内进行结构化查询语言(SQL)查询,效率极其低下乃至不可忍受。因此,不采用传统的关系数据库,而采用基于列存储的数据管理模式,来支持大数据集的高效管理。

智能电网需要在状态数据基础上进行各种电力系统计算与应用,例如:状态诊断、预测评估、状态评价、风险评估、检修策略、检修维护等。基于 MapReduce 的状态数据并行处理系统,可以为状态评估、诊断与预测提供高性能的并行计算能力以及通用的并行算法开发环境,主要由算法调度和任务管理 2 部分组成。算法调度采用插件的形式调用第三方开发者实现的各种算法,例如模糊诊断、灰色系统诊断、小波分析、神经网络以及阈值诊断等。任务管理实现基于 MapReduce 并行模型的任务管理、调度和监控系统。MapReduce 并行算法可以跨越大量数据节点将任务进行分割,使得某项任务可被同时分拆在多台机器上执行,能够在很多种计算中达到相当高的效率,而且可扩展。

考虑到智能电网是国家重要的基础设施,并且状态监测不同于搜索引擎等典型的互联网应用,Google 的 GFS 和 BigTable,Amazon 的 EC2,以及 Microsoft 的 Windows Azure 等云计算技术无法直接应用,因此本文的研究围绕开源的 Hadoop 技术架构展开,采用 HBase 作为海量数据管理系统、Hadoop 分布式文件系统(HDFS)作为分布式存储系统、Xen 作为虚拟机、Hadoop 技术路线的 MapReduce 作为并行编程模型。Hadoop 采用主/从架构,将数据拆分,划分成多个数据块,分别存储到不同的存储节点上。集群由一个 Namenode 和一定数目的 Datanodes 组成。Namenode 是一个中心服务器,负责管理文件系统的名字空间以及客户对文件的访问,Datanodes 负责管理所在节点上的存储。这种单节点的设计可以极大地简化系统的设计

和实现。另外,Hadoop 的开源化便于二次开发、原型系统的建立与实验。

### 3.3 尚待解决的问题

云计算作为一种新兴的分布式计算技术,尚处在初期的发展阶段,体系结构、虚拟机、数据管理、能耗管理、资源调度、编程模型以及云安全等很多关键问题有待深入研究,其在智能电网中的应用也存在诸多挑战。

安全性是云计算理论研究及在智能电网中应用实践中需要重点解决的一个极具挑战性的问题。相比较公共云,本文是在电力企业内部建立私有云,电力企业自有并自我管理,数据通过电力企业内部的通信网传输,保存在自有的存储设备上,在自有的服务器上计算处理,另外,电力企业具有严格的安全防护体系,因此,在一定程度上可以保证云计算在智能电网应用中的安全。

云计算在互联网领域的典型应用主要以存储 HTML 页面、可扩展置标语言(XML)文件等半结构化数据为主;在应用层主要采用 HTTP 等协议进行数据传输。相比较典型的互联网应用,智能电网的业务数据与性能要求有其自身特点,数据可靠性要求更高,不同应用的数据对可靠性与实时性要求不同,更难以收集和存储,因此,为了适应智能电网应用的需要,单点失效与负载均衡等问题有待深入研究。另外,电力系统计算与分析主要运行在集中式平台或小规模的分布式平台上,应逐步根据云计算大规模分布式计算的特点来进行设计与实现。

## 4 结语

本文将云计算引入智能电网信息平台,并根据智能电网状态监测的特点,结合 Hadoop 云计算技术,提出智能电网状态监测云计算平台的解决方案。后续工作拟建立一个智能电网状态监测云计算平台原型系统,实现一个用于变压器状态评估的并行数据挖掘工具,在原型系统上进行实验测试,从性能和扩展性等方面进行测试与比较,验证所提出的方法的正确性。

## 参考文献

- [1] FARHANGI H. The path of the smart grid. IEEE Power and Energy Magazine, 2009, 8(1): 18-28.
- [2] European Commission. European technology platform smart grids: vision and strategy for Europe's electricity networks of the future [EB/OL]. [2010-07-01]. [http://ec.europa.eu/Research/energy/pdf/smartgrids\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/Research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf).
- [3] 江道灼,申屠刚,李海翔,等.基础信息的标准化和规范化在智能电网建设中的作用与意义.电力系统自动化,2009,33(20):1-6.

- JIANG Daozhuo, SHENTU Gang, LI Haixiang, et al. Significance and roles of standardized basic information in developing smart grid. *Automation of Electric Power Systems*, 2009, 33(20): 1-6.
- [4] 王晓波,樊纪元. 电力调度中心统一数据平台的设计. *电力系统自动化*, 2006, 30(22): 89-92.  
WANG Xiaobo, FAN Jiyuan. Construction of common data platform in the power dispatcher center. *Automation of Electric Power Systems*, 2006, 30(22): 89-92.
- [5] 林峰,胡牧,蒋元晨,等. 电力调度综合数据平台体系结构及相关技术. *电力系统自动化*, 2007, 31(1): 61-64.  
LIN Feng, HU Mu, JIANG Yuanchen, et al. Architecture and related techniques of a power dispatching data platform. *Automation of Electric Power Systems*, 2007, 31(1): 61-64.
- [6] VAQUERO L M, RODERO-MERINO L, CACERES J, et al. A break in the clouds: towards a cloud definition. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2009, 39(1): 50-55.
- [7] 陈康,郑伟. 云计算:系统实例与研究现状. *软件学报*, 2009, 20(5): 1337-1348.  
CHEN Kang, ZHENG Wei. Cloud computing: system instances and current research. *Journal of Software*, 2009, 20(5): 1337-1348.
- [8] di COSTANZO A, de ASSUNCAO M D, BUYYA R. Harnessing cloud technologies for a virtualized distributed computing infrastructure. *IEEE Internet Computing*, 2009, 13(5): 24-33.
- [9] DIKAIKOS M D, KATSAROS D, MEHRA P. Cloud computing: distributed internet computing for IT and scientific research. *IEEE Internet Computing*, 2009, 13(5): 10-13.
- [10] 杨刚,随玉磊. 面向云计算平台自适应资源监测方法. *计算机工程与应用*, 2009, 45(29): 14-19.  
YANG Gang, SUI Yulei. Adaptive approach to monitor resource for cloud computing platform. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(29): 14-19.
- [11] 李伯虎,柴旭东,侯宝存,等. 一种基于云计算理念的网络化建模与仿真平台——“云仿真平台”. *系统仿真学报*, 2009, 21(17): 5292-5299.
- LI Bohu, CAI Xudong, HOU Baocun, et al. Networked modeling & simulation platform based on concept of cloud computing—cloud simulation platform. *Journal of System Simulation*, 2009, 21(17): 5292-5299.
- [12] 刘异,芮维,江万,等. 一种基于云计算模型的遥感处理服务模式研究与实现. *计算机应用研究*, 2009, 26(9): 3428-3431.  
LIU Yi, GUO Wei, JIANG Wan, et al. Research of remote sensing service based on cloud computing mode. *Application Research of Computers*, 2009, 26(9): 3428-3431.
- [13] 张文亮,刘壮志,王明俊,等. 智能电网的研究进展及发展趋势. *电网技术*, 2009, 33(13): 1-11.  
ZHANG Wenliang, LIU Zhuangzhi, WANG Mingjun, et al. Research status and development trend of smart grid. *Power System Technology*, 2009, 33(13): 1-11.
- [14] GHENMAWAT S, GOBIOFF H, LEUNG ST. The Google file system// *Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles*, October 19-22, 2003, Bolton Landing, NY, USA: 29-34.
- [15] CHANG F, DEAN J, GHENMAWAT S, et al. BigTable: a distributed storage system for structured data. *ACM Transactions on Computer Systems*, 2008, 26(2): 1-26.
- [16] YANG H, DASDAN A, HSIAO R, et al. Map-reduce-merge: simplified relational data processing on large clusters// *Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, June 12-14, 2007, Beijing, China: 1029-1040.

王德文(1973—),男,通信作者,博士,副教授,主要研究方向:电力系统自动化和计算机网络. E-mail: wdewen@gmail.com

宋亚奇(1979—),男,博士研究生,主要研究方向:智能控制与计算机网络。

朱永利(1963—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向:电力系统自动化、电力系统运动和人工智能。

## Information Platform of Smart Grid Based on Cloud Computing

WANG Dewen, SONG Yaqi, ZHU Yongli

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

**Abstract:** The future development trend of electric power grid is strong and smart grid, and information platform is strong support for the construction of smart grid. In order to make full use of computing resources, and to better satisfy the need of smart grid for reliable storage and effective management of overall information, an construction method for information platform of smart grid based on cloud computing is proposed. In addition, based on the analysis of feasibility, advantages and problems of the new method, the architecture of information platform is given. Furthermore, considering the characteristics of condition monitoring of smart grid, the cloud computing platform based on Hadoop for condition monitoring of smart grid is proposed. To implement reliable storage and fast parallel processing of massive data, such crucial problems as virtualization, distributed storage and parallel programming model of MapReduce have further been researched.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 60974125) and Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 10QG22).

**Key words:** cloud computing; smart grid; virtualization; distributed storage; parallel processing