

基于云计算的智能计量平台研发

针对智能计量业务需求,对目前计量自动化系统现状及存在的问题进行了说明,提出了一种基于云计算技术的智能计量自动化系统的解决方案。探讨了云计算在智能计量平台中应用的可行性和必要性,设计并实现了基于Hadoop框架的智能计量管理平台,并对平台的体系架构和关键技术进行了分析。方案采用云计算中的虚拟化技术对平台底层中多种异构软硬件资源进行整合管理,采用HDFS分布式文件系统和HBase分布式存储系统对电能数据进行高效的分布式存储管理,采用MapReduce分布式编程框架实现用户业务的分布式并行处理与资源调度。目前,基于云计算的智能计量平台已进行实际应用,第三方测试结果表明,系统大部分功能均达到智能计量平台的要求。

董天强 钟雯倩/贵州电网有限责任公司贵阳供电局
周 克/贵州大学电气工程学院

0 引言

智能电网的发展对传统的计量自动化系统提出了新的要求。根据《中国南方电网有限责任公司“十二五”电能计量规划》对智能计量业务的要求,要求智能计量系统能够实现双向信息交互、能效评估、需求响应、智能用能服务、电动汽车充电量分析和微电网电能分析等智能化应用新功能,还要对计量自动化现有功能进行数据分析及事件处理,提供自学习、故障自诊断及自动优化功能。为了实现上述要求,功能单一的计量自动化系统自身是很难完成上述需求的,需要与营销管理系统、95598平台、EMS系统和营配一体化系统协同工作,才能完成上述目标。

而上述系统多为部门自建或独立

项目建设,系统建设多采用分散式的结构,各个系统存在着相互孤立、标准不一、系统可扩展性不强和各部门之间难以协同工作等缺点^[1]。因此,需要将现有计量自动化系统升级为可适应大规模信息共享需求和多元化业务需求的平台,实现各业务间的集成和整合,以消除信息孤岛^[2],提升系统整体运行效率^[3]。

自从Google首次提出云计算的概念后,亚马逊、IBM、微软和雅虎等公司相继提出了各自的云计算解决方案,为广域范围内的分布式并行计算指明了发展方向。云计算是分布式处理、并行处理和网络计算的发展,是这些计算机科学概念的商业实现。云计算的核心是虚拟化,虚拟化允许云计算系统根据服务提供商和客户之间协商好的服务等级协议动态提供计算资源。云计算的本质就是将数据、应用和服务存储在云端,充分利用一组内部互连的虚拟机组成分布式计算系统,其具备强大的计算能力,可以实现用户业务系统的自适应性^[4]。作为一种新型的共享基础架构和基于网络的计算模式,云计算将资源聚集与共享、资源开放与统一访问以及资源仿真与隔离进行了整合,允许用户以一种透明的方式使用各类资源,而不需要关注各类资源的细节,并且能够为用户提供动态自适应服务,使每个用户都感觉是以独占的形式在使用资源。云计算具有扩容能力强、低成本、高效率、可靠性高和低排放的特点^[5]。鉴于云计算技术的优点,云技术被广泛应用于电力系统业务平台设计中^[6-8]。本文在参阅大量文献



董天强/工程师

关键词/Keywords

智能计量平台·
云计算·
Hadoop·
服务器集群·
资源整合·

贵州省科技厅基金项目(黔科合LH[2014]7614),
贵州电网科技项目(K-GZ2014-011)。

基础上, 提出一套基于Hadoop框架开发的智能计量业务分析平台, 并采用MapReduce编程模型加强对数据的管理, 提高数据分析的速度和效率, 解决了智能计量平台海量计量数据管理和分析困难的问题。

1 系统需求

根据智能计量业务的需求, 智能计量平台将基于云计算技术, 使系统需要和营销管理系统、95598系统、生产管理系统、智能小区系统以及省网营销管理系统进行数据的交互, 以实现计量业务与营销其他业务的双向互助支撑。此外, 系统还需要整合现有的居民集抄系统、负荷控制系统

及配电变压器监测系统, 构建电力客户与电网管理部门的智能化和多样化互动服务平台。系统的物理架构如图1所示。

由图1可知, 本系统的目的是将不同领域的单一监测系统(如厂站电能量遥测系统、大客户负荷管理系统、配电变压器监测计量系统、低压集中抄表系统和智能小区系统)进行整合, 通过利用虚拟化平台对上述系统涉及到的服务器、存储设备以及网络设备的资源进行虚拟化, 屏蔽了由于硬件资源的不同导致相互通信受阻问题, 并以虚拟机为单位进行统一的资源管理, 通过虚拟机将各类系统数据集中到主站或者通过统一的虚拟机将主站的指令发送到各监测终端, 然后在主站端进行计量业务的综

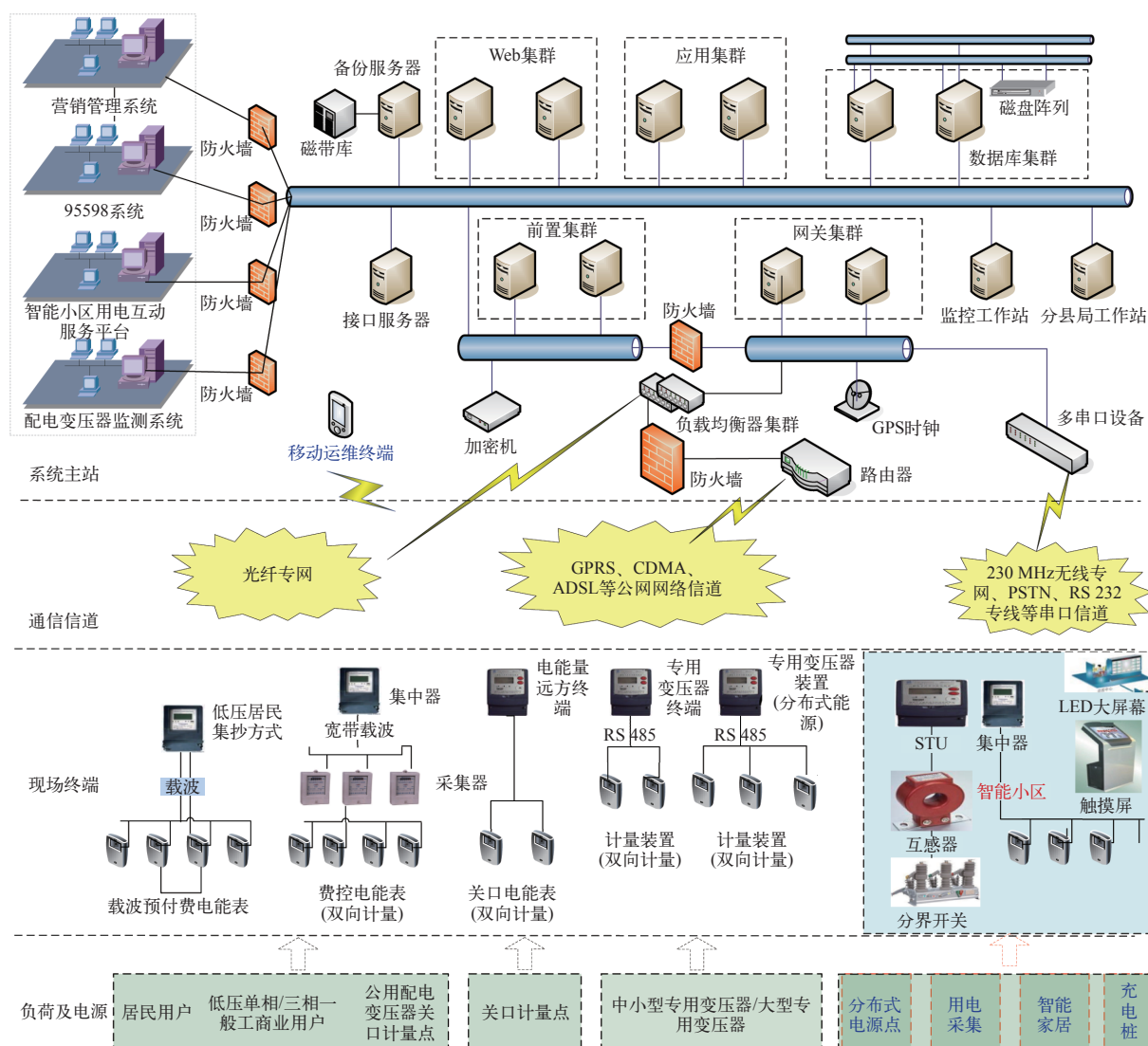


图1 智能计量平台的物理架构图

合应用分析和用电信息辅助决策。

2 核心技术介绍

Hadoop是分布式系统基础架构，是由开源组织Apache开发。基于Hadoop^[9]的应用系统可以运行在廉价的硬件设施组成的集群上，通过Hadoop可以快速构建一个具有高可靠性和良好扩展性的分布式系统。系统主要由HDFS、MapReduce和HBase等组件组成，其中HDFS和MapReduce是Hadoop的两个核心组件，HDFS是Hadoop实现的一个高度容错的分布式文件系统，具有较强的可扩展性，同时HDFS也是Hadoop系统的基础层，负责数据的存储管理，并且能够提供高吞吐量的数据访问，适合处理大规模数据集的应用程序。而MapReduce^[10]是一种并行计算模型，它能够有效地合理地分割输入数据，进而并行处理，适合对海量数据的处理。Hadoop实现的MapReduce计算框架提供一种简单的编程模型，节省时间，可以快速实现分布式计算应用；HBase是一个分布式的、面向列的非关系型数据库，是云计算中的开源实现，支持高性能并发读写。

在本项目中，Hadoop集群局域网由1台

NameNode服务器、1台SecondaryNameNode服务器、1台JobTracker服务器和多台从服务器组成。NameNode服务器负责管理海量数据文件的分割、存储以及监控DataNode的运行情况。应用程序需要读取数据文件，首先访问NameNode服务器，获取数据文件在各DataNode上的分布，然后直接与DataNode通信。一旦发现某个DataNode宕机，NameNode将通知应用程序访问宕机节点各数据块的副本，并在其他DataNode上增加宕机节点各数据块的副本，以保证平台的可靠运行。SecondaryNameNode服务器用来监控HDFS状态，与NameNode进行通信，以便定期保存HDFS元数据的快照，若NameNode发生问题，其作为备用NameNode使用。JobTracker服务器负责管理计算任务的分解和汇总，负责监控各TaskTracker节点的运行情况，一旦某个任务失败，JobTracker自动重新启动这个任务。从服务器承担了DataNode和TaskTracker两种角色，分别负责数据块的存储和数据计算的map、reduce任务的运行。

3 平台框架结构

结合智能计量平台自身的特点，智能计量

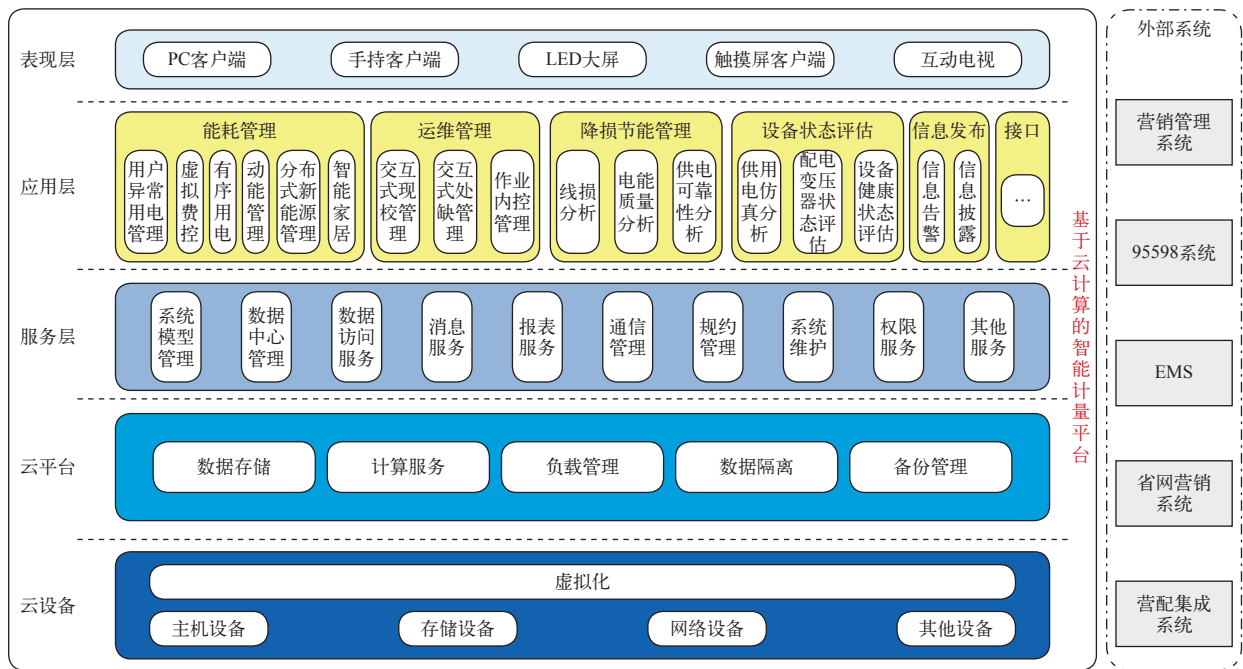


图2 智能计量平台框架结构图

云平台在设计上采用分布式、分层结构,可以分为整个系统的实现由云设备、云平台、基础服务、高级应用及表现层五层构成,如图2所示。

云设备层由主机设备、存储设备、网络设备及其他设备组成。在本系统软件设计中,采用VMware虚拟化平台管理技术,通过对上述设备进行操作系统虚拟化处理,实现了对硬件资源的虚拟化,并对上述虚拟化后的硬件采用虚拟机的管理方式,实现了资源抽象、资源监控、资源部署以及安全的管理。通过虚拟化技术的实施,不但保证了资源的利用效率,还使系统管理人员可以不受形式各异的硬件资源及操作系统的影响,而将工作重心全部投入到系统业务应用上。

云平台由数据存储、计算服务、负载管理、数据隔离和备份管理等服务组成。该平台以虚拟机为单位构建了数据库集群、应用集群、网关集群、采集集群、Web集群和接口服务器集群等基础平台运行环境,采用分布式文件系统、分布式数据库管理系统、数据管理和数据分析等先进的云计算技术,实现了海量数据的大规模存储,为后续的数据挖掘,高级数据应用提供了高性能的分布式计算环境。

服务层由系统模型管理、数据中心管理、数据访问服务、消息服务、报表服务、通信管理、规约管理、系统维护及权限服务等组成,本层是业务系统的坚实基础,高级应用的每个模块都要求这些服务的支撑。该层采用MapReduce作为处理海量数据的并行编程模型和计算框架。对于大规模的数据集合操作,采用任务分解与结果汇总的方法。此外,通过采用高级数据流语言Pig实现了简化MapReduce任务的开发过程。在系统模型管理提供了整个系统内在的基于IEC 61970/IEC 61968的数据结构,能够实现系统的互操作;数据中心管理及数据访问服务提供了基础运行大数据的快速准确访问机制;通信管理提供整个系统通信信道及通信方式的选择机制;而规约管理提供了系统数据交换的模型格式。

应用层由能耗管理、运维管理、降损节能管理、设备状态评估、信息发布及数据接口等组

成。能耗管理主要涉及异常用电、虚拟费控管理、有序用电管理、动能管理、分布式新能源管理及智能家居管理等;运维管理主要涉及计量校验数据移动接入、计量设备缺陷分析及移动处缺管理等;降损节能主要涉及到关系电网经济运行的损耗分析、电能质量各指标分析以及增值服务等;设备状态评估主要涉及到供电仿真分析、配电变压器状态评估及设备全生命周期管理等功能。

表现层主要是整个系统的访问界面,电力客户与供电部门可以通过计算机客户端、手持终端、LED大屏、触摸屏及多媒体电视等实现双向互动、用电信息的及时披露、异常供电的早通知及处缺管理的更加便利化。本层在设计时主要使用Flex技术来保证系统的易用性,并使用Swiz技术框架来实现模型-视图-控制器(Model-View-Controller, MVC)设计,并充分利用现有平台中的系统管理功能。

4 平台系统特点

与原计量平台相比,新型智能计量自动化平台具有下述优点:

1) 在主站平台系统的设计上,底层系统采用云平台架构,整合主机设备、存储设备、网络设备及其他设备,在这些设备基础上进行操作系统虚拟化处理,提供数据存储、计算服务、负载管理、数据隔离及备份管理等服务,保障设备高效利用、上层服务及时响应,保障高级应用各模块能够负载均衡,且快速得到处理。

2) 在系统内核设计上,采用统一数据中心建设模式,采用模块化设计方式,即:统一设备建模、统一业务管理、统一数据采集、统一分析计算、统一网络平台、统一告警及统一信息发布,避免重复建设,以便各种后续高级应用模块能够灵活配置,达到即插即用的目的。

3) 在网络设计上,以计量自动化系统主站为基础,与厂站电能量遥测系统、大客户负荷管理系统、配变监测计量系统、低压集中抄表系统及智能小区系统统一组网,共享通信服务资源,

共用相同的数据库服务系统，建设一体化主站系统。一体化主站系统中市局、县局、供电所、变电站、母线、主变压器要求、线路、大客户、台区、专用变压器、配电变压器、表计、终端和计量点等对象各自唯一编码，可满足采集模型和分析模型的构建。

4) 在系统部署上，采用集中式部署方式。即：只在地市供电局部署主站，各县级供电局不单独建设主站，而以工作站的方式接入主站，所有的业务都必须在主站完成。

5) 在接口设计上，系统不仅需要与表计终端进行通信交换运行信息，而且需要与诸如营销管理系统、生产管理系统及95598系统等外部接口，以获取诸如档案资料、缴费情况、购售电以及客户用电反馈信息等各种信息的支撑。

5 实验验证

为了验证平台的各项功能，项目邀请第三方机构对平台进行了测试。测试标准依据GB/T 25000.51—2010 《软件工程 软件产品质量要求与评价（SQuaRE）、商业现货（COTS）软件产品的质量要求和测试细则》和GB/T 16260.1—2006、《软件工程 产品质量 第1部分：质量模型》制定。测试主要针对 SVG图展示、厂站档案管理查

询、厂站基础数据查询、发电量分析、上网电量分析、购电量分析和售电量等25个性能点进行并发压力测试。部分功能测试点场景设计如表1所示。部分测试结果如表2所示。

表1 部分测试场景设计

序号	场景名称	并发用户数	循环时间/min	是否启用思考时间
1	SVG 图展示	50	5	否
2	档案管理查询	10	5	否
3	基础数据查询	10	5	否
4	电量查询	10	5	否
5	负荷统计分析	10	5	否
6	线损分析	10	5	否
7	联络线损分析	10	5	否
8	电量对象参数查询	10	5	否
9	城市基础数据查询	10	5	否
10	基础档案查询	10	5	否

由测试数据可知，对于基础常规业务，智能计量平台均能在1 s内对业务进行响应，并呈现正确分析结果。耗时较长的查询为电量查询与电量参数查询，这两项查询功能由于涉及居民用户，用电数据量较大，因此耗时较多。在后续系统的完善中，需着重对居民用电数据的处理算法进行优化设计，并通过对硬件资源、软件资源的动态配置，达到南方电网对智能计量平台的要求。

表2 部分测试结果

序号	功能点名称		实际并发数	关键步骤平均响应时间/s
	性能点	性能点描述		
1	SVG 图展示	在系统首页随机选择某个地市，完成相应地市图形的加载	50	0.313
2	档案管理查询	对统筹电厂、变电站或小水电的树节点中，随机单击某个树节点，完成相应节点厂站信息的加载	10	0.627
3	基础数据查询	在统筹电厂、变电站或小水电的树节点中，随机单击某个树节点，完成相应节点厂站信息的加载	10	0.435
4	电量查询	完成指定日期的用电量查询	10	5.157
5	负荷统计分析	完成指定日期的负荷统计分析	10	0.498
6	线损分析	完成指定时间段的厂站线损分析	10	0.173
7	联络线损分析	完成指定时间段的母线线损分析	10	0.784
8	电量对象参数查询	查询条件的电量对象参数查询	10	21.726
9	城市数据查询	随机选择地市供电局，查询管辖基础数据	10	0.632
10	基础档案查询	随机选择地市供电局，完成相应供电局的基础档案查询	10	0.269

(下转第72页)

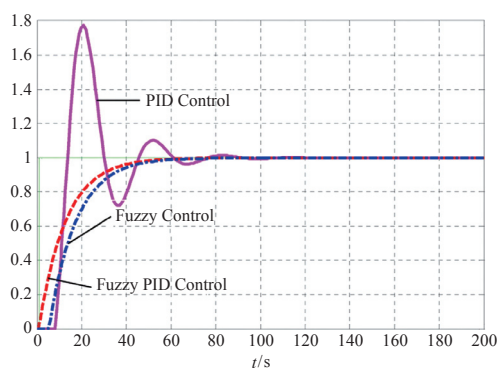


图7 三种控制策略下的系统性能曲线

性能都比较稳定。

5 结束语

从仿真结果知,模糊-PID控制具有超调量小、调节时间短、稳态准确度高和抗干扰能力强等特点,控制效果明显优于传统PID控制方式。因此,模糊-PID控制方式更适合恒压供水系统。

(上接第56页)

6 结束语

为满足南方电网对未来计量平台的业务需求,本文针对传统计量平台存在的问题,提出了基于Hadoop的分布式云计算方法,设计了基于Hadoop的智能计量平台,并对平台的功能进行了实现。第三方测试数据表明,平台能够对大多数功能在规定的时间内进行快速响应,但对于居民用电数据的分析应用,还需从调度算法、资源动态分配方面进行深入研究。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 赵腾,张焰,张东霞.智能配电网大数据应用技术与前景分析[J].电网技术,2014,38(12):3305-3312.
- [3] 刘正伟,文中领,张海涛.云计算和云数据管理技术[J].计算机研究与发展,2012,49(增刊1):

参考文献

- [1] Zadeh L A. Fuzzy sets [J]. Information and Control, 1965 (8): 338-353.
- [2] 丁成松.基于模糊PID的恒压供水系统设计[D].济南:山东大学,2010.
- [3] 王鑫,黄险峰,林彬.基于模糊PID的变频水泵恒压供水系统仿真[J].五邑大学学报:自然科学版,2013,27(1):59-63.
- [4] 徐国强.模糊变频控制在煤矿井下恒压供水系统中的应用研究[J].科技情报开发与经济,2008,18(34):97-99.
- [5] 赵永娟,孙华东.基于Mathlab的模糊PID控制器的设计与仿真[J].微计算机信息,2009,25(1):48-49.

(收稿日期:2015-07-14) EA

26-31.

- [4] 张素香,刘建明,赵丙镇,等.基于云计算的居民用电行为分析模型研究[J].电网技术,2013,37(6):1542-1546.
- [5] Geelan J. Twenty one experts define cloud computing, virtualization [J/OL]. [2012-03-02]. <http://virtualization.sys-con.com/node/612375>.
- [6] 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.
- [7] 饶威,丁坚勇,路庆凯.智能电网云计算平台构建[J].华东电力,2011,39(9):1493-1496.
- [8] 沐连顺,崔立忠,安宁.电力系统云计算中心的研究与实践[J].电网技术,2011,35(6):171-175.
- [9] 董新华,李瑞轩,周湾湾,等.Hadoop系统性能优化与功能增强综述[J].计算机研究与发展,2013,50(增刊2):1-15.
- [10] 李玉林,董晶.基于Hadoop的Map Reduce模型的研究与改进[J].计算机工程与设计,2012,33(8):3110-3116.

(收稿日期:2016-04-20) EA