

分布式电能质量信息系统设计与实现

赵霞, 林天华

河北经贸大学信息技术学院, 石家庄 050061

摘要 分布式电能质量信息系统是指采用了分布式技术设计和实现的电能质量信息系统。建设电能质量信息系统是提高电能质量、保证电网安全供电的重要方法。传统的电能质量监测系统包括数据采集、数据计算和数据分析子系统。随着监测点数量的迅速增加,各子系统的工作负荷成倍增加,导致系统效率低下。由于系统处理能力的束缚,系统中允许的监测点数量受到限制,迫切需要解决电能质量信息系统的性能瓶颈问题。本文采用分布式体系结构进行设计,即用分布式处理系统进行数据采集,用分布式数据库进行数据存储,用分布式计算进行数据计算,用WebService接口封装数据访问,经济、有效地提高了系统的处理能力和响应速度,解决了服务器负荷上限问题,满足了供电公司未来大量增加监测点的需求。

关键词 电能质量;海量数据;性能优化;分布式系统

中图分类号 TP311.13

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.19.009

Design and Implementation of Distributed Electric Power Quality Information System

ZHAO Xia, LIN Tianhua

College of Information Technology, Hebei University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China

Abstract Distributed Power Quality Information System (DPQIS) adopts the distributed technology to design and implementation the Power Quality Information System (PQIS). The construction of power quality online monitoring system is an important method for improving the quality of electricity and ensuring the safe supply of power grid. The conventional PQIS includes the following subsystems, such as data collection, data computation, and data analysis. With the number of monitoring sites rapidly increase, the load of the above subsystems increases multiply. Due to the processing ability limitation of the system, the number of monitoring sites of the system is limited. The performance bottleneck of the system should be solved urgently. The distributed architecture is employed to design, utilize distributed processing system for the data collection, the distributed database is used for data storage, distributed computing is taken for data computation, and WebService interface is adopted for encapsulating data access; the processing ability and response speed of the system are economically and effectively improved. Then the upper limit problem of server load is resolved and the demand on massively increasing monitoring sites for electric supply company in the future is satisfied.

Keywords electric power quality; massive data; performance optimization; distributed system

0 引言

近年来,随着电力电子技术的飞速发展,用户和供电公司对电能质量的关心和重视程度与日俱增^[1,2]。电能质量监测是发现和分析各种电能质量问题的主要手段,为电能质量的改善和电力系统故障的诊断提供决策依据^[3,4]。目前,大部分省供电公司已建立了覆盖全省的电能质量在线监测系统^[5-7]。然

而,随着监测点数量的迅速增加,监测系统的数据量也成倍增长,如何高效地采集、存储和利用电能质量数据成为电能质量在线监测系统的重要问题^[8,9]。

分布式处理系统是提升系统性能和可靠性的重要方法,分布式数据库是解决海量数据存储和应用的主要工具。本文基于分布式处理系统和分布式数据库,设计并实现了分布式

收稿日期:2013-03-10,修回日期:2013-03-26

作者简介:赵霞,讲师,研究方向为计算机控制系统,电子邮箱:zhaoxia@heuet.edu.cn;林天华(通信作者),副教授,研究方向为软件工程,电子邮箱:lintianhua@heuet.edu.cn

电能质量信息系统,提高了系统数据采集、数据计算和数据存储性能,解决了系统的性能瓶颈问题。

1 电能质量监测系统组成与功能

电能质量监测系统包括数据采集、数据计算及数据分析和数据管理,它们之间的关系如图 1 所示^[10]。

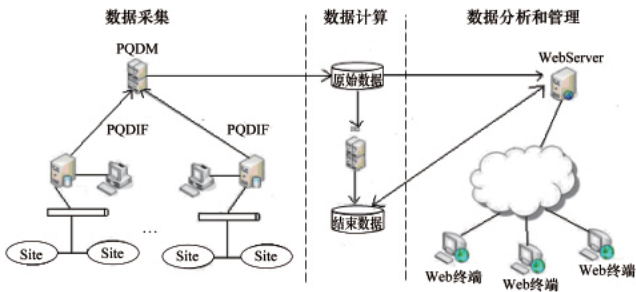


图 1 电能质量监测系统结构

Fig. 1 Structure diagram of the monitoring system of electric power quality

1.1 数据采集

电压偏差、频率偏差、闪变、谐波等数据是电能质量的主要指标。这些数据需要通过安装在各变电站的监测设备(Site)采集。监测设备分布在全省各地区,数据采集系统通过专门的光纤网络将数据上传到服务器并解析到数据库。监测设备、光纤网络、数据接收及解析程序共同组成了数据采集子系统。

1.2 数据计算

数据计算子系统对采集到的原始数据进行加工和分析,如计算电压偏差、频率偏差、电压总畸变率、电流分量等指标的最大值、最小值、95 概率大值等,并与相关国家标准或国际标准进行比较;利用各项指标进行综合评估,以便对电能质量划分级别;利用事件数据分析暂降、暂升事件,进行扰动源分析等。计算程序定时读取采集到的原始数据并进行计算,最后把计算结果存到结果数据库中。

1.3 数据分析和数据管理

数据分析和数据管理子系统包含地图导航、暂降分析、稳态分析、背景谐波分析、新能源发电评估、综合治理等模块。地图导航根据综合评估的结果给各地区染上不同的颜色,以图形的形式显示电能质量的分布情况。暂降分析用列表显示暂降事件,用曲线图画出发生事件的波形和均方根值曲线,此外还用 ITIC (Information Technology Industry Council) 电压容限曲线、暂降 3 特征量分布图、事件原因饼图等图形对事件进行统计分析。稳态分析用表格、图形、报表、Word 报告等多种手段展现监测点和电压等级的各项指标情况。

2 分布式体系结构设计

2.1 监测系统的性能问题

监测系统建立初期,监测点少的只有几十个,多的能到

二三百个,系统运行正常。但随着各省电力公司对电能质量的重视,各省安装或计划安装的监测点迅速增加,从初期的几十、几百个点增加到上千个点,个别省甚至规划 3000 多个点。原系统需要重点考虑以下 3 个方面的性能问题:

(1) 监测点增加将导致数据采集服务器负荷过大,数据不能及时收集上来;

(2) 原始数据量将成级数增加,数据库服务器响应变慢;

(3) 数据计算服务器的计算量将增大,负荷过大。

针对可能出现的性能问题,首先可以对各部分的程序进行性能优化,提高程序效率。但由于监测点数庞大,且数据采集涉及文件传输和解析等 I/O 操作,系统的刚性任务巨大,仅靠对程序优化无法从根本上解决性能问题,需要从体系结构上进行改进。结合系统的特点,可以用分布式技术解决系统性能问题。

2.2 分布式体系结构

分布式处理系统是将不同地点或具有不同功能或拥有不同数据的多台计算机用通信网络连接起来,在控制系统的统一管理和控制下,协调完成信息处理任务的计算机系统。分布式数据库系统由分布于多个计算机结点上的若干个数据库系统组成,它提供有效的存取手段来操纵这些结点上的子数据库,分布式数据库在使用上可视为一个完整的数据库,而实际上它分布在地理分散的各个结点上。

结合监测系统的特点,把监测点按地区分组,根据监测点的个数,为一个或多个地区设置一组采集服务器和数据库服务器,负责数据的采集和存储。所有的采集服务器构成了一个分布式处理系统,所有的数据库服务器构成了一个分布式数据库系统。它们既可以协同工作,又可以独立工作。

由于计算结果所需存储空间远小于原始数据,因此,可以设立一个中心数据库负责存储结果数据。为了减轻计算服务器的负荷,把与原始数据密切相关的计算功能分布到各数据库服务器上,把计算结果存储到中心数据库。

应用服务器仍然只需一台,用于安装电能质量智能信息系统。智能信息系统从中心数据库读取计算结果并进行分析和展现,利用中心数据库中的配置信息从分布式数据库中读取某个监测点的原始数据。

分布式电能质量信息系统的体系结构如图 2 所示。

3 分布式电能质量信息系统的关键技术

电能质量信息系统主要包括数据采集、数据存储、数据计算和数据分析展现。数据采集程序分布在各台采集服务器上,彼此独立。每个采集程序仍然负责从指定路径读取文件并解析、存储到指定服务器上。因此,采用分布式体系结构时,采集程序不需要调整。

3.1 分布式存储

电能质量原始数据存储量大、使用频率低;指标数据、综合评估结果、事件分析等计算结果存储量小、使用频率高。经分析比较,原始数据与计算结果的存储量占比约为 380:1。因

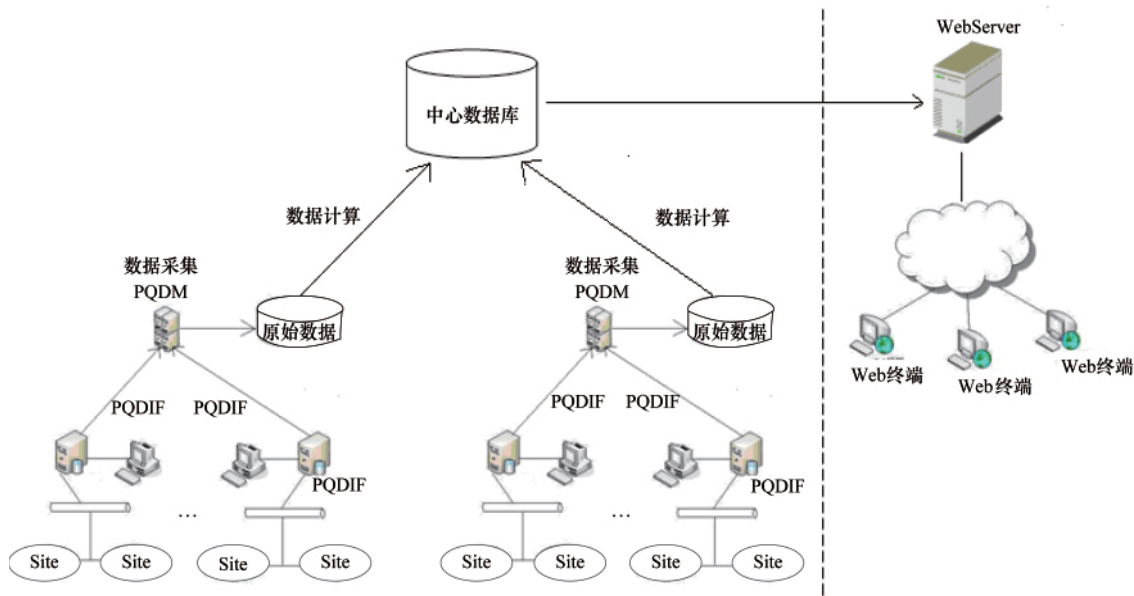


图 2 分布式电能质量信息系统体系结构
Fig. 2 Architecture of the DPQIS

此, 可以让每个分布式数据库存储特定监测点的原始数据, 中心数据库存储所有计算结果。中心数据库还需存储各个监测点所对应的配置信息, 如表 1 所示。

表 1 监测点配置信息

Table 1 Configuration information for monitoring points

| 列名 | 类型 | 说明 |
|-----------|--------------|------------------------|
| SiteID | Int | 监测点编号, 主键 |
| StartTime | Varchar(20) | 数据开始时间, 主键 |
| EndTime | Varchar(20) | 数据结束时间 |
| WSURL | Varchar(200) | 读对应原始数据的 Webservice 地址 |
| Sate | Bit | 0 表示历史状态, 1 表示激活状态 |

随着监测点的增加, 服务器部署可能需要调整, 监测点所在服务器有可能发生变化, 但每个监测点同一时间只分布在一台服务器上。此时不用移动监测点的原始数据, 只需把监测点的当前配置信息修改为历史状态, 同时插入一条激活状态的配置信息即可。因此, 配置表中每个监测点可能有多条记录, 主键是监测点编号(SiteID)和数据开始时间(StartTime)。

为方便系统了解每个监测点的数据状态, 数据结束时间需要定时更新, 具体由数据采集程序解析完数据后调用中心数据库服务器提供的 Webservice 进行更新。Webservice 服务接口的定义为 Bool UpdateEndTime (Int SiteID, String EndTime), 负责把数据结束时间(EndTime)更新到监测点编号为 SiteID、状态(Sate)为 1 的记录上。

3.2 分布式计算

监测点的指标数据、事件分析结果由监测点的原始数据

计算获得, 涉及的数据量大, 需要的计算时间较长, 计算量与监测点个数成正比。电压等级、公司的指标数据、综合评估结果等由监测点指标数据和事件分析结果计算得出。由于数据量小, 计算速度非常快, 计算量基本与监测点数无关。经分析比较, 监测点指标的计算与其他数据的计算所占时间比约为 20:1。因此, 可以把计算程序进行拆分, 把监测点指标数据的计算程序部署在各分布式数据库服务器上, 通过 Webservice 将计算结果更新到中心服务器上; 把其他计算程序部署在中心服务器上。总的来说, 通过拆分的方式, 计算程序调整非常小。

中心服务器上需要提供更新计算结果的 Webservice 服务, 其接口定义如表 2 所示。

表 2 更新计算结果的 Webservice 服务

Table 2 Webservice service for updating computation results

| 服务名及参数 | 说明 |
|--|------------------------------------|
| Bool UpdateSSSiteDay (Int SiteID, String date, String SSChannelID, Sering Values) | 把分布式服务器上计算的监测点指标数据插入或更新到中心数据库服务器 |
| Bool UpdateSSSiteDay_Harm (Int SiteID, String date, String SSChannelID, Sering Values) | 把分布式服务器上计算的监测点谐波指标数据插入或更新到中心数据库服务器 |
| Bool UpdateSagAnalyse(Int SiteID, Int EventID, Sring Values) | 把分布式服务器上计算的暂降事件数据插入或更新到中心数据库服务器 |
| Bool UpdatePerturbAnalyse (Int SiteID, Int EventID, Sering Values) | 把分布式服务器上计算的扰动数据插入或更新到中心数据库服务器 |

3.3 分布式分析和展现

数据分析和子系统负责数据的分析和展现,绝大部分功能只用到了指标数据,只需读取中心数据库即可。稳态数据查询、事件波形查询、分级评估等个别功能需要读取原始数据,此时程序先读取配置信息,然后再调用WebService从分布式数据库中读取原始数据并进行曲线绘制或计算。

分布式数据库上需要提供的读取原始数据的WebService服务如表3所示。

表3 读取数据的WebService
Table 3 WebService service for reading data

| 服务名及参数 | 说明 |
|---|--------------------|
| String GetSSVs_Sh(Int SiteID, String date, String SSChannelID) | 从分布式服务器上读取稳态原始数据 |
| String GetSSVs_Sh_Harm(Int SiteID, String date, String SSChannelID) | 从分布式服务器上读取谐波稳态原始数据 |
| String GetEvent(Int SiteID, Int EventID) | 从分布式服务器上读取事件信息 |
| String GetEventWav(Int SiteID, Int EventID) | 从分布式服务器上读取事件波形数据 |
| String GetEventRMS(Int SiteID, Int EventID) | 从分布式服务器上读取事件RMS曲线 |

读取事件波形的流程如图3所示。

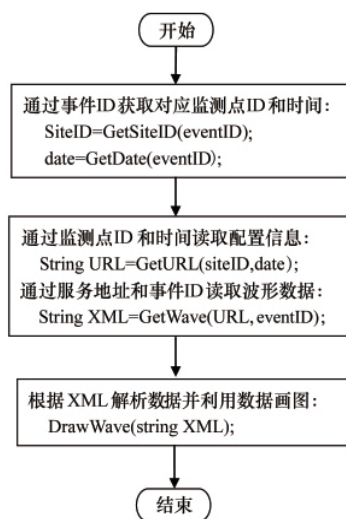


图3 读取事件波形的流程图

Fig. 3 Flowchart of reading event wave form

4 结论

通过使用分布式处理系统和分布式数据库系统,解决了原系统的性能瓶颈问题。

(1) 通过分布式处理系统,解决了监测点增加可能导致

数据采集服务器负荷过大的问题,系统可支持的监测点数能满足未来发展需要。

(2) 通过分布式数据库系统,解决了单个数据库可能出现的数据量过大、系统响应速度变慢的问题。

(3) 通过把部分计算功能分布到各台数据库服务器上,减轻了原计算服务器95%以上的工作量,计算服务器的负荷有效降低。

此外,本系统允许动态调整监测点所在服务器的位置,各省电力公司可以根据监测点个数逐步增加服务器数量,因此,分布式电能质量信息系统是经济有效的解决方案。

参考文献 (References)

- [1] Salmeron P, Litran S P. Improvement of the electric power quality using series active and shunt passive filters [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2010, 25(2): 1058-1067.
- [2] Sun T, Hadjsaid N, Xiao X, et al. Power quality & reliability assessment of distribution system considering voltage interruptions and sags[C]// The 15th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Hong Kong, China, June 17-20, 2012: 751-757.
- [3] Sr Melhom C J, Maitra A, Sunderman W, et al. Distribution system power quality assessment phase II: voltage sag and interruption analysis [C]// Petroleum and Chemical Industry Conference Denver, USA, September 12-14, 2005: 113-120.
- [4] 焦东升, 陆冬良, 应俊豪, 等. 动态电能质量实时监测系统的设计与实现[J]. 电网技术, 2011, 35(5): 110-114.
Jiao Dongsheng, Lu Dongliang, Ying Junhao, et al. Power System Technology, 2011, 35(5): 110-114.
- [5] 党三磊, 肖勇, 杨劲锋, 等. 基于IEC61850和PQDIF的电能质量监测装置研究与设计[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(20): 135-139.
Dang Sanlei, Xiao Yong, Yang Jingfeng, et al. Power System Protection and Control, 2012, 40(20): 135-139.
- [6] 陈国磊, 舒双宝, 季振山. 电能质量监测高速数据采集系统的设计和实现[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(3): 69-72.
Chen Guolei, Shu Shuangbao, Ji Zhenshan. Power System Protection and Control, 2009, 37(3): 69-72.
- [7] 何金定, 贺星棋. 基于Web的分布式电能质量管理系统体系结构设计[J]. 华中电力, 2006, 19(5): 27-29.
He Jinding, He Xingqi. Central China Electric Power, 2006, 19(5): 27-29.
- [8] 管春, 周维维, 卢伟国, 等. 三相电能质量数据压缩方法 [J]. 电网技术, 2011, 35(10): 130-134.
Guan Chun, Zhou Luowei, Lu Weigu, et al. Power System Technology, 2011, 35(10): 130-134.
- [9] 刘晓胜, 王新库, 黄南天, 等. 基于模式相似度和LZW压缩编码的电能质量数据压缩方法[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(3): 53-57.
Liu Xiaosheng, Wang Xinku, Huang Nantian et al. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(3): 53-57.
- [10] Lin T H, Zhao X. The design and implementation of Power Quality monitor system [C]// The 2nd International Conference on Power Electronics and Intelligent Transportation System (PEITS), Shenzhen, China, December 19-20, 2009: 34-37.

(责任编辑 齐志红)