

电能质量监测系统设计及实现

韩绍甫, 杜树新

(浙江大学 工业控制技术国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘要: 结合通用分组无线业务(GPRS)通信技术、J2EE 技术和数据库技术, 开发了基于浏览器/服务器(B/S)结构的电能质量远程监测系统。分别从硬件和软件 2 方面介绍了系统的总体结构和具体实现, 包括 GPRS 数据采集模块、通信服务器、数据库服务器、Web 服务器和客户端。采用连接池机制实现 Web 服务器与数据库服务器的高效连接, 运用 xmlhttp 技术实现实时数据显示。目前, 此系统已经在运行中。

关键词: 电能质量; 监测; 数据采集; GPRS; J2EE

中图分类号: TM714.3

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)04-0080-04

0 引言

近几年夏季, 高温天气连续不断, 国内大部分地区用电负荷接连创历史新高, 全国电网面临严峻考验。在输变电设备重载、备用电量严重不足、电力资源紧缺的情况下, 建立一个电能质量监测系统, 可以使电力部门能实时、详细、精确地了解电网的电能质量状况, 及时发现电能质量问题, 并采取技术措施改善电能质量。

电子技术、计算机技术和通信技术的发展, 使得搭建一个高效的电能质量监测系统成为可能。本文提出将通用分组无线业务 GPRS (General Packet Radio Service) 通信技术与 J2EE (Java 2 platform Enterprise Edition) 技术相结合的方案实现电能质量监测。在底层硬件设计中, 采用一种基于 GPRS 无线上网技术的自动数据采集方案。在上层软件设计中, 采用美国 Sun 公司推出的 J2EE 平台。将 GPRS 以及 J2EE 应用于电能质量监测系统中, 是一个经济、可靠、理想的方案。

1 系统整体结构及工作原理

系统由 GPRS 数据采集模块、通信服务器、数据库服务器、Web 服务器、客户端 5 部分组成。

1.1 系统构成

系统构成如图 1 所示。

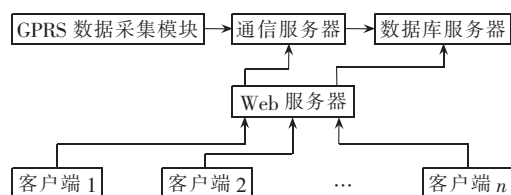


图 1 系统工作原理

Fig.1 Working principle of the system

a. GPRS 数据采集模块: 该系统的硬件部分。GPRS 模块上电后拥有一个动态的 IP 地址, 可以与通信服务器进行 Socket 通信。其功能就是检测电能质量的参数, 如电流、电压、谐波等数据, 并以十六进制数据格式发送给通信服务器。GPRS 终端也可以接收来自通信服务器的命令。

b. 通信服务器: 连接 GPRS 数据采集模块和数据库服务器的重要环节。其任务是打开服务器的某端口, 监听并接收所有 GPRS 终端向该端口发送的 UDP 数据包, 并将数据包解析成电流、电压、谐波等数据, 写入数据库中。通信服务器还担负着向 GPRS 终端发送命令的任务, 也就是向 GPRS 终端发送 UDP 数据包。

c. 数据库服务器: 该系统的数据存储介质。通信服务器从 GPRS 终端获得的数据都存储在数据库服务器上。考虑到数据的重要性, 数据库服务器还需对数据进行备份。

d. Web 服务器: 连接着数据库服务器和客户端。首先, 它向客户端提供 Web 服务, 响应来自客户端的请求, 并根据该请求向数据库服务器获取数据, 然后再将数据以 html 格式返回给客户端, 使得客户端可以浏览它所请求的数据。Web 服务器还可以直接向通信服务器提出请求, 通信服务器根据 Web 服务器的请求向 GPRS 终端发送命令。

e. 客户端: 采用瘦客户端, 只需要一个 Internet 浏览器即可。客户端的任务就是向 Web 服务器发出 http 请求, 然后将 Web 服务器返回的 html 格式文件显示给用户。

1.2 系统工作流程

系统的工作方式有查看历史数据、读取实时或整点数据 2 种。

a. 查看历史数据: 由客户端向 Web 服务器发送查看历史数据的请求, Web 服务器根据该请求通知数据库服务器, 然后数据库服务器将查询结果返回

Web 服务器,再由 Web 服务器将数据以 html 格式返回给客户端。

b. 读取实时或整点数据:由客户端向 Web 服务器发送读取实时或整点数据请求,Web 服务器根据请求通知通信服务器,然后由通信服务器通知 GPRS 数据采集模块,GPRS 数据采集模块通过 GPRS 网络向通信服务器发送数据包。当通信服务器收到数据包时,将数据包解析成电能质量参数写到数据库服务器中。当客户端发出的是读取整点数据请求时,该流程已经完成。当客户端发出的是读取实时数据请求时,根据上述过程将实时数据存储到数据库服务器中后,由数据库服务器将数据发送给 Web 服务器,然后由 Web 服务器将数据以 html 格式返回给客户端。

2 GPRS 通信模块设计及功能

GPRS 是一种 GSM 数据业务,它是 GSM 网络向第 3 代移动通信过渡的技术,是对 GSM 网络的升级。GPRS 在原有的基于电路交换方式的 GSM 网络上增加了一些基于分组应用的接口,为移动用户提供无线分组数据网接入服务。它具有与 IP 网互连、高速传输、快速登录、永远在线以及按流量计费等特点,在数据通信领域中得到了广泛应用,特别在数据采集、监控、定位等方面有广阔的应用前景^[1]。

本方案利用 GPRS 的 Internet 接入功能,建立了以 GPRS 无线网络和 Internet 为通道的通信模式。在该系统中,数据采集模块通过 GPRS 无线网络连接到 Internet,从而与通信服务器建立连接(该通信服务器有固定的 IP)。通信模型如图 2 所示。



图 2 GPRS 通信系统模块
Fig.2 Communication module of GPRS

在系统中,关键之一是网络协议的选择。目前,有 2 种协议,即 TCP 协议和 UDP 协议。UDP 协议与 TCP 协议相比较,有以下几个优点^[2]:

- a. 适用于小数据量的传输;
- b. 使用方便,不需要建立连接,是一种无连接的通信方式;
- c. 传输数据的效率高,实时性强。

考虑到 UDP 上述特点以及电能质量监控系统对实时性的高要求,本系统采用了 UDP 协议。

3 系统硬件设计

电能质量监测设备有 2 种工作方式:一是按事先设定好的时间间隔,周期性地采集变压器的数据,实时地传送到数据库服务器;二是实时地响应来自于通信服务器的控制命令,按照控制命令进行特定的数据采集任务。这就要求作为数据传输模块和终端设备控制模块的 GPRS 终端能够实时地解析、处理各种控

制命令并向数据传输服务提供尽可能大的吞吐率。另外,考虑到系统的可扩展性,本系统硬件设计没有采用传统的成本低、开发费用高且性能和功能受限制的单片机加 GPRS 通信模块的方案,而是使用了以高性能嵌入式 CPU 芯片为核心的设计方案。GPRS 数据传输终端的硬件组成和连接如图 3 所示。CPU 采用了专为网络解决方案设计的 Samsung ARM7 4510B。GPRS 模块采用目前比较流行的西门子 MC35 系列模块^[3]。

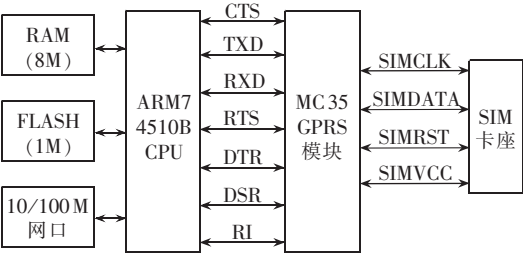


图 3 GPRS 数据采集模块的硬件结构
Fig.3 Hardware architecture of GPRS data acquisition module

传输终端的软件采用了以嵌入式实时操作系统为平台、自主知识产权的网络组件为核心的体系结构。操作系统选用了 uclinux,其最大特点就是没有 MMU,很适合 ARM 嵌入式微处理器。该 uclinux 的内核版本是 linux 2.4,它具备完整的嵌入式 TCP/IP 网络协议栈,操作系统所有代码加起来编译后的镜像文件小于 1M^[4]。

该系统以数字信号处理器 DSP 为核心,采用交流取样技术,可连续检测和统计电力系统的有关参数,包括三相电流、三相电压的有效值,有功功率,无功功率及功率因数。并可对电压、电流的 1~25 次谐波进行分析,并能给出幅度、相位以及三相电压、三相电流的总畸变率、有功电度、无功电度和负载率。该电能质量检测技术严格按照《电能质量供电电压允许偏差》、《电能质量公用电网谐波》、《电能质量电压波动和闪变》、《电能质量三相允许不平衡度》、《电能质量电力系统频率偏差》和《电能质量暂时过电压和瞬时过电压》等 6 项电能质量国家标准,测量精度、技术指标完全满足国标要求。其中,电流测量范围为 AC 0~5 A,电压测量范围为 AC 0~400 V,测量精度都为 0.2 级;功率及功率因数测量精度为 0.5 级;三相电压不平衡度测量误差小于 1.5%;频率测量误差小于 0.005 Hz;电压波动和闪变测量误差小于 1%;测量谐波范围为 2~25 次。

4 系统软件设计

4.1 C/S 与 B/S 结构的选择

目前,软件结构设计模式主要有 2 大类:一种是传统的客户端/服务器(C/S)模式,它采用 Intranet 技术,适用于局域网环境可连接用户数有限,当用户

数量增多时,性能会明显下降,客户端都要安装;另一种是正在不断发展的浏览器/服务器(B/S)模式,它采用 Internet/Intranet 技术,适用于广域网环境,支持更多的客户,可根据访问量动态配置 Web 服务器、应用服务器,以保证系统性能,客户端只需要标准的 Internet 浏览器^[5]。

由于运行该系统的物理平台的复杂性,例如不同设备的操作系统、数据库服务器等都具有相异性,各种专业网络都有各自不同的网络架构和实现方式,因此必须选择能够较好支持跨平台开发的运行环境进行设计。此外,考虑到使用该系统的人员具有广泛性,依据不同的权限随时可以查看该系统的详细情况,若仍完全采用传统的固定 C/S 模式,就必须严格对每个客户端进行参数设置,这显然是不可取的^[6]。

系统的软件设计采用以 Web 技术为基础,以 B/S 为体系结构的方案。B/S 模式与传统的 C/S 模式相比,优点在于:主要工作是服务器端程序的开发。服务器主要负责开发、维护网上的内容与资源,负责信息的收集、存储、发布,不存在客户端程序的开发和维护^[7]。客户端直接利用现有的局域网或 Internet 连接,不需要特殊设置和安装,使用标准的 Internet 浏览器,直接访问专用 Web 服务器页面,就可观看监测和分析电能质量的实时数据,并能查询所需历史数据,如实时显示电压和电流波形、系统频率、电压偏差、三相电压不平衡、电压谐波总畸变率、1~25 次谐波电压含有率、功率因数、有功功率、电压波动与闪变以及各种指标的日、月汇总表等。

4.2 系统运行环境与工具选择

考虑到系统的移植性和跨平台性,本系统选择了 Sun 公司设计开发的 J2EE 平台,使用 JSP(Java Server Pages)作为 B/S 模式的开发工具^①。J2EE 是一个适用于企业级计算的支持多层、分布式应用的全新概念的 Java 平台,它为搭建具有可伸缩性、灵活性、易维护性的企业信息系统提供了良好的机制,与传统的互联网应用程序模型相比有着不可比拟的优势。Java 具有“编写一次,到处运行”的特性,能够通过 JDBC 方便连接各类数据库,调用各类 API,同时在 Internet 应用中保护数据的安全模式等。以下为该电能质量监测系统平台解决方案:计算模式为 3 层 B/S 模式;网络操作系统为 Windows 2000 Server;数据库服务器为 Oracle 8i;Web 服务器为 Apache Tomcat 5.0;数据库驱动接口为 JDBC 驱动;主要的开发环境及工具为 J2EE,Java,JSP,Javascript。

4.3 数据库设计

数据库内容包括:电能质量参数的实时数据、历史数据、不合格数据,人员的管理,权限的管理等。系统的功能主要包括:信息的输入、交互、保存、查询、统计、输出、打印等。

4.4 软件系统功能模块及实现

该系统的功能模块包括:通信、数据库、报表、人

员管理等 4 部分模块。

a. 通信模块:当通信服务器开始工作,服务器上的某一端口被打开,目的是为了与 GPRS 终端进行通信。Java 中提供对 Socket 编程的 API 函数,通信协议采用 UDP 协议^[8]。

b. 数据库模块:该系统对数据库进行大量的操作,例如将实时和历史数据写进数据库、查询数据等。Oracle 作为目前最流行的数据库,它不仅可以对数据进行高效的读/写操作,而且还提供对数据的管理和备份功能,保证了数据安全。

c. 报表模块:该系统提供了对历史数据的报表统计功能。它可以对某一时刻或某一时间段的数据进行统计,作出曲线图,作为报表供客户端打印。该系统采用了 JasperReports 库。JasperReports 是一个强大的报表工具,它可以将所得的数据转化成 PDF,HTML 和 XML 文件,能够满足大多数用户的需求。

d. 人员管理模块:包括增加用户、删除用户、用户密码的修改、权限设置等。

4.5 系统优化及关键技术实现

4.5.1 连接池机制

程序的效率问题在 JSP 编程过程中是很重要的,即要考虑如何使有限的计算机系统资源为更多的客户提供更好的服务,保证客户的响应速度和服务质量。如果有很多人访问该网站,每次 Web 请求都需要与数据库建立一个连接,那么数据库就有可能要同时处理许多建立连接的请求,这对于数据库服务器和 Web Server 而言是一个很严重的负担,甚至会导致资源耗尽而死机。

本系统使用连接池(connection pool)机制解决这个问题。连接池最基本的思想就是预先建立一些连接放置于内存对象中以备使用。当程序中需要建立与数据库的连接时,只需到连接池中读取即可,不需新建连接。当程序不需该连接时,只要将该连接放回到连接池中,以便其他程序或用户使用。同时连接池机制对于位于池中的连接具有管理的功能,增加了与数据库连接的强壮性^[9]。

4.5.2 数据库远程管理

数据库远程管理的任务流程是:

a. 客户端向服务器发出数据库结构和数据的查询或修改指令;

b. 服务端接收并执行有关指令并向客户端返回结果;

c. 客户端接收并显示服务端返回指令执行结果。

本系统中,当客户端请求查看实时数据时,客户端向服务器发出请求,服务器每隔 1s 将实时数据发送给客户端,客户端接收并显示该数据。该过程就是一个典型的数据库远程管理过程。传统的技术使

① Sun Microsystems Inc. Developer's Guide to Web Services, Sun One Application Server. 2003.

用页面刷新获取新的数据,以便让用户看到不断变化的实时数据。但该方法的缺点一是数据量大时,对服务器资源的消耗大;二是用户能明显感到页面的不断刷新,对用户视觉和听觉都有很大影响。该系统采用 Microsoft 开发的 xmlhttp 技术,它是 Microsoft xml 解析器 (MSXML) 中的一个客户/服务通信管道协议。运用 xmlhttp 可以简单方便地实现数据库远程管理。由于其传送的是 XML 格式的数据,大大减轻了对服务器的消耗,而且采用 xmlhttp 协议,可以实现页面无刷新更新数据,使界面更友好^[10]。

5 结语

本系统在硬件上采用了 GPRS 通信模块,软件上采用 B/S 模式,开发工具采用了 Sun 公司提供的 J2EE 平台,完成了电能质量监测系统。它可以对电能质量进行远程、实时、直观地监测和分析。较之其他系统而言,具有远程监控、客户端免维护、服务器端易维护、系统安全可靠、操作简单方便等优点。本系统通过验收并运用在某电力局配变负荷测录系统中,在电网负荷高峰期为调度分析人员提供了有效的决策支持信息。

参考文献:

- [1] 张小强,杨放春. 一种基于 GPRS 技术的无线监控系统[J]. 中国数据通信,2004,6(11):92-95.
ZHANG Xiao-qiang,YANG Fang-chun. A wireless monitoring system based on the technology of GPRS [J]. **China Data Communications**,2004,6(11):92-95.
- [2] 芦东昕,张华强,王陈. 基于 UDP 的可靠数据传递技术研究[J]. 计算机工程,2003,29(22):62-63.
LU Dong - xin,ZHANG Hua - qiang,WANG Chen. Research on the reliable data transfer based on UDP[J]. **Computer Engineering**,2003,29(22):62-63.
- [3] SIEMENS Mobile. MC35 GPRS startup user's guide [EB/OL]. (2001-11-13)[2005-06-01].http://www.siemens.com.
- [4] 苗启广. 基于 uClinux 的嵌入式软件开发架构[J]. 计算机工程与设计,2004,25(6):881-883.
MIAO Qi - guang. Embedded system programming based on uClinux[J]. **Computer Engineering and Design**,2004,25(6):881-883.
- [5] CHOI Jae-won,LEE Kwang-hui. A Web-based management system for network monitoring[C]// **Proceedings of 2002 IEEE Workshop on IP Operations and Management**. Piscataway,NJ:IEEE,2002:98-102.
- [6] 方木云,骆国刚. 基于 B/S 的三层结构的 ERP 库存软件系统开发[J]. 微机发展,2004,14(4):31-34,37.
FANG Mu-yun,LUO Guo-gang. Development of ERP stock management system based on B/S three-tier structure[J]. **Microcomputer Development**,2004,14(4):31-34,37.
- [7] 杨争林,宋燕敏,沈利华. 基于 J2EE 的电力市场技术支持系统研究[J]. 电力系统自动化,2004,28(8):35-39.
YANG Zheng-lin,SONG Yan-min,SHEN Li-hua. Application of J2EE architecture in power market operation system[J]. **Automation of Electric Power Systems**,2004,28(8):35-39.
- [8] 何进,谢松巍. 基于 Socket 的 TCP/IP 网络通讯模式研究[J]. 计算机应用研究,2001(8):134-135.
HE Jin,XIE Song-wei. TCP/IP network communication model based on socket[J]. **Application Research of Computers**,2001(8):134-135.
- [9] 王秀义. 基于 JDBC 的数据库连接池及实现[J]. 计算机系统应用,2005(4):36-39.
WANG Xiu-yi. Database connection-pool and its implementation based on JDBC[J]. **Computer System & Applications**,2005(4):36-39.
- [10] 陈培久,陈序广. 用 xml 与 xmlhttp 组件实现网页信息的传递[J]. 微机发展,2003,13(4):4-6,10.
CHEN Pei - jiu,CHEN Xu - guang. Realization of transferring network information using xml documents and xmlhttp component[J]. **Microcomputer Development**,2003,13(4):4-6,10.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

韩绍甫(1981-),男,山西长治人,硕士研究生,主要从事电力设备状态检测及数据挖掘方面的研究(E-mail:shfhan@iipc.zju.edu.cn);

杜树新(1967-),男,浙江东阳人,副研究员,博士,主要从事模式识别、智能系统理论、工业控制自动化等方面研究。

Design and realization of power quality monitoring system

HAN Shao-fu, DU Shu-xin

(National Key Lab. of Industrial Control Technology, Institute of Intelligent System and Decision-Making, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Combined with the communication technology of GPRS (General Packet Ratio Service), J2EE (Java 2 platform Enterprise Edition) technology and database management, a power quality monitoring system based on browser/server structure is developed. Its structure and realization are introduced from both hardware and software, including GPRS data acquisition module, communication server, database server, Web server and client. The connection pool is used to connect Web server with database, and the technology of xmlhttp is used to display the real-time online data. The monitoring system is in operation now.

Key words: power quality; monitoring; data acquisition; GPRS; J2EE