

PI 数据库及其信息交换技术在电厂中应用

洪 慧, 林中达

(东南大学 动力工程系, 江苏 南京 210096)

摘要: 首先,介绍了工厂信息 PI(Plant Information)实时数据库(服务器端、客户端、接口)软件及数据处理(数据流程、螺旋门压缩、缓存)技术。详细阐述了 PI 应用程序接口 PI-API(Application Programming Interface)函数及其在电厂第三方软件中的应用。最后,指出 PI-API 功能强大,可开发出各种满足客户要求的软件。

关键词: 工厂信息; PI 应用程序接口; 信息交换

中图分类号: TM 73; TP 311.131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)03-0060-04

随着厂级监控信息系统(SIS)的发展,工厂信息 PI(Plant Information)实时数据库在电力系统中的应用越来越广泛,因此涉及到与 PI 数据库进行信息交换的问题也越来越多。另外,由于 PI 系统模块众多,功能强大并且原理复杂,因此,本文在阐述 PI 系统数据流程及其关键技术的基础上,深入研究了基于 PI 数据库的信息交换技术,并结合它在电厂 SIS 项目中的应用作了说明。

1 PI 数据库

PI 系统是美国 OSIsoft 公司开发的一套基于服务器和客户端 C/S(Client/Server)结构的,用于工厂信息的采集、处理、存储和发布浏览的软件系统^[1]。它主要由 PI 服务器端软件、PI 客户端软件和接口软件三部分组成。PI 服务器端软件用于现场生产数据的采集、存储及维护;PI 客户端软件提供对实时/历史数据的二次应用;接口软件实现现场不同控制系统和 PI 系统的连接及第三方软件与 PI 数据库的通信。

1.1 PI 服务器端软件

PI 全局数据服务器是 PI 系统的核心,它提供对数据信息的采集和存储及对整个系统的维护,主要包含 4 个模块。

a. 核心子系统模块主要包括基本子系统,用来维护存储在点数据库中的点的属性;快照子系统,在 PI 系统中,每个点的当前值被称作快照,快照子系统负责判断快照是应该送到档案子系统中还是被新的快照所取代;档案子系统,用来存储每个点的多时间标记测量值,如开关量、压力、流量、温度、设定值等。

b. PI 网络管理器模块提供驻留在 PI 主结点上各 PI-UDS 子系统之间的连接,同时也负责管理 PI 系统与客户端应用之间的连接。

c. PI 服务器应用模块主要包括性能方程式模块,允许用户不必用高级语言实施复杂的计算功能;

批处理模块,以一个批量前后关系存储和读取 PI 系统的数据,而不是单纯以时间轴为依据;报警服务模块,可对 PI 系统中任何一个工位号进行报警条件设置,这些报警可送到 PI 系统中的事件档案中,用户可以筛选和查看报警条件。

d. PI 系统管理工具模块主要包括 PI 标签配置工具,通过 Excel 创建和维护标签;PI 点创建工具,用于标签的创建和开关量状态表维护;PI 系统检测工具,为查看日志文件和系统信息提供更便捷通道的工具;PI 接口配置工具可管理接口、服务和配置文件。

1.2 PI 客户端软件

客户端软件模块是基于 Windows 操作系统下开发的一系列客户工具软件,用户可以很方便地以不同格式从 PI 数据库里读取数据,并对数据进行分析。主要包括 5 个模块。

a. PI-PB(PI-Process Book)是一个可以让用户创建和构思与现场工序极其相似的值图和趋势图的软件,它支持 ODBC,ActiveX,VBA 等技术。

b. PI-DL(PI-DataLink)通过在 Excel 或 Lotus1-2-3 中嵌入菜单实现和 PI 系统之间的数据交换。

c. PI 批处理客户端(PI-BatchView)可以从 PI 中成批的取出信息,并且复制它们到电子表格中或者 PB 的趋势图进行分析。

d. PI-ActiveView 是一个 Web 客户端的应用,它允许用户将 PB 中生成的画面在通用的浏览器中进行发布。

e. 通过 PI-ODBC 客户端,PI 数据库可以和其他支持 ODBC 的数据库进行互访,用户可以很方便地访问外部数据库。

1.3 PI 接口软件

接口软件为和 PI 数据库通信提供了有力的工具。接口分为三大类:定制接口,为集散控制系统(DCS),可编程逻辑控制器(PLC)等控制系统提供,如 InFi 90 等;标准接口,提供支持工业标准的数据通信接口,如 OPC,Modbus 等;PI-API(PI-Application

Programming Interface),为第三方软件与 PI 数据库通信提供的应用程序接口。

1.4 PI 数据库的数据处理技术

PI 实时数据库在整个电厂 SIS 系统中起到承上启下的作用,它向下通过 PI 数据采集节点(带缓冲)从现场 DCS,PLC,PCS 等数据源采集数据并存储到 PI 数据库中,向上为 PI 客户端工具及 SIS 系统中的性能计算模块等提供实时/历史数据,同时通过 PI-ODBC 和电厂管理信息系统(MIS)中的关系数据库进行信息交换^[2]。

一个好的实时数据库必须具备以下优点:能够及时采集到正确的数据;以尽量少的空间高效存储数据;存储的数据能够被准确的恢复^[3]。PI 数据库以其独特的螺旋门(swing door)压缩技术,为满足以上特点提供了技术保证。

1.4.1 PI 系统的数据流程

a. 来自现场 DCS,PLC 等数据源的数据首先被送往 PI 接口机进行例外测试,例外测试的作用就是对现场数据进行过滤,使满足要求的数据被传送。其原理是,首先各节点在创建之初就会设定 3 个参数:例外偏差(excdev)、最大例外时间(excmax)以及最小例外时间(excmmin)。当新数据与前 1 个数据之间的差值大于例外偏差并且新数据与前 1 个数据之间的时间间隔大于最小例外时间,或者新数据与前 1 个数据之间的时间间隔大于最大例外时间时,该数据被认为是符合要求的,它将被进一步传送。同时,为了避免现场噪音干扰,如果新采集到的数据与上 1 个数据之间的时间间隔小于最小例外时间时,不管这个数据的值是否满足要求都不予考虑,直接丢弃掉。

b. 通过例外测试的数据送到快照子系统中,成为新的当前值。先前的快照值将通过螺旋门压缩技术(后面详细阐述)决定是进一步传送还是丢弃掉。

c. 通过压缩规范的数据并不直接被送往档案数据库,而是被送到位于内存中的事件队列中。事件队列对送往档案数据库的数据进行缓冲,当归档进程准备好时将数据传送,如果事件队列已满并且归档进程不可用时,事件队列将会把数据写入磁盘文件,等归档可用时再转入档案数据库。事件队列的另一个作用是保护数据,降低数据的丢失概率。

d. 为了降低与档案数据库的交互频率,从事件队列出来的数据将被送往归档缓冲区,当归档缓冲区已满或者距离上次存储的时间间隔达到 15 min,归档缓冲区中的数据将写入档案数据库存储。

PI 系统的数据流程图可以参看图 1。

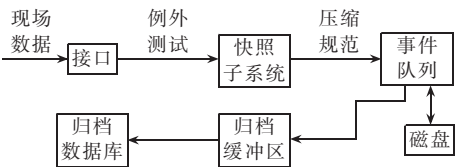


图 1 PI 数据流程图
Fig.1 The data flow of PI

1.4.2 螺旋门压缩技术

为了节约存储空间,并且保证存储数据的准确性,OSISoft 公司开发了独特的螺旋门压缩技术,并将之应用于 PI 中。下面对该技术进行介绍。

a. 从第 1 个数据点(上 1 个归档数据点)开始,以它和当前数据点的连线为中轴,画一个宽度为两倍压缩偏差(压缩偏差 CompDev 根据需要设置)的平行四边形,并扩展出去,当下 1 个数据点在该平行四边形范围之内,则以同样的方法画出平行四边形,如此延续,如图 2(a)所示。

b. 当所产生的平行四边形不能容纳数据点时,则将该数据点之前的那个数据点进行归档,而该归档点和上 1 个归档点之间的所有数据不被存储。

c. 以刚被归档的数据点为起点,继续重复 a,b 的过程,以此不断进行数据压缩。

d. 最终被存储的数据仅是图中归档点的数据点,以此达到高效存储的目的,如图 2(b)所示。

通过以上螺旋门压缩技术的过程可见,PI 数据库并没有精确的存储所采集到的所有数据,但是它保证了重要数据不丢失,并且通过压缩偏差可以把存储的压缩数据恢复到采样数据精度。存储空间的利用取决于压缩偏差的大小,如果将压缩偏差设为零,则所存储的就是采样数据。

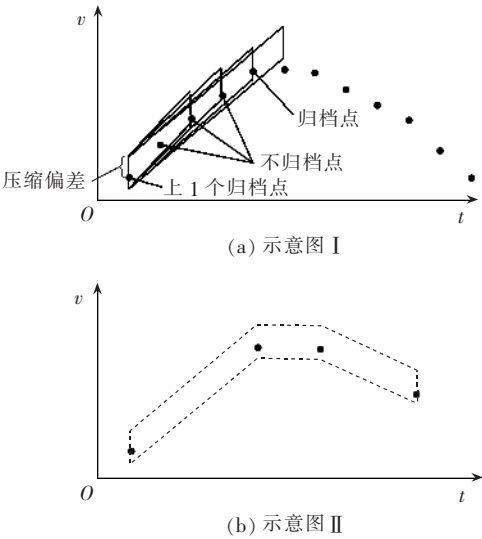


图 2 螺旋门压缩技术示意图
Fig.2 The sketch diagram of swing door compression technique

1.4.3 缓存技术

为了保证不丢失采集的数据,PI 系统采用节点机采集数据。节点机的主要功能是对数据源扫描并采集数据,同时它还具有数据缓存的功能。当 PI 服务器与节点机之间因软件、硬件升级等原因引起离线时,节点机可把采集的现场数据暂存,等到 PI 服务器恢复正常运行后,再把缓存队列中数据传送到 PI 服务器数据库中,从而不丢失采集的数据。节点机可通过启动 PI 服务器的通信进行自身配置,节省 PI 服务器的大量工作。

2 PI-API 函数

在 PI 客户端工具软件中和 PI 数据库进行信息交换是很方便的,像 PB,DL 等都提供给用户便捷方式和 PI 数据库进行交互,但它们毕竟是 PI 公司提供的具有特定功能的客户端软件,可扩展性差。随着客户的需求增加,需要在第三方软件中和 PI 数据库进行交互,这就得通过别的方法实现。OSISoft 公司为此开发了 PI-API 应用程序接口,PI-API 是一套可被包括 C,Visual Basic 等多种语言调用的函数库,它为第三方软件与 PI 数据库进行信息交换提供了一组功能强大的应用程序接口。PI-API 被应用于基于 C/S 模型的分布式环境中,可在多个软硬件平台上运行,包括 Windows NT,UNIX,OPENVMS 等。

PI-API 以外部函数库的形式为第三方软件提供函数支持,在开发平台中只需对该函数库进行连接编译即可使用。该函数库名为 piapi32.lib,是基于 C 语言开发的一组外部函数(后期版本用 C++ 开发)。PI-API 中的函数原型大都定义在头文件 piapi.h 和 piapix.h 中,piapix.h 包含 API 扩展函数库的函数原型,为了用户使用方便,它同时也包含了 piapi.h 中的函数定义,在编程使用时只要包含 piapi.h 头文件即可。

PI-API 函数库具有不可再入性,应用程序对函数的调用以同步方式进行,当一个 API 函数被外部程序调用,那么该程序将会被锁定直到 API 函数调用完毕。因此,编程人员在使用 PI-API 函数库时要尽量避免这种并发事件发生。

PI-API 函数根据各自的特征和功能分成几大类,它们之间通过函数名的前缀区分,下面介绍常用的几类函数。

a. PIAR(函数前缀,以下类同):这类函数允许用户对档案数据库中的数据进行操作,它提供了诸如对数据读取、修改、删除等一系列功能。

b. PILG:提供了一组连接 PI 数据库及相关操作的一些函数,这也是 PI-API 中使用得最为频繁的函数,它们以弹出对话框的方式为用户提供数据库的连接、断开、对数据库中的点进行搜索查询等功能。它和其他 PI-API 函数不一样,并没有定义在 piapi.h 头文件中,而是单独定义在 pilgex.h 头文件中,并且在使用这些函数前须先通过函数 pilg_registerapp 对应用程序进行注册,否则不能使用这组函数。

c. PIPT:这类函数使用户能够取得点的各种属性,为分析点属性提供便利。

d. PISN:这类函数使用户可以与快照子系统进行交互,可以从快照子系统中取得点的当前值,也可以向其中写入新的快照值。

e. PITM:这类函数提供了系统时间和 PI 时间格式相互转换的途径。因为当前系统的时间格式和 PI 系统的时间格式不同,所以两者之间不能直接进

行操作,必须先进行格式转换。这类函数应用得也比较多,因为实时数据库中的数据都是带有时间标签的,对数据进行读/写要提供相应的时间,所以对时间格式的转换显得尤为重要。

f. PIUT:这类函数包括了 PI-API 中分类剩下的所有函数,功能多种多样,值得一提的是其中也提供了关于登录数据库的一些函数,和 PILG 中的函数功能相似,但区别是这些登录函数并不提供给用户登录界面,登录时的一些设置只能在函数参数中进行修改,因此使用时不如 PILG 中函数方便,但是在一些特殊场合比如编写一些性能组件时,应用程序不需用到界面,用这些函数比较合适。

在 PI-API 函数参数中,会使用到指针类型,由于指针类型依赖于其所处的操作系统平台,如在 Windows 平台下,指针变量是依赖于内存模式的。为此 PI 定义了一种特殊的指针类型 PIPTR 消除不同平台对指针类型的影响,从而为跨平台调用 PI-API 函数扫清了障碍。

绝大多数 PI-API 函数通过返回 1 个 32 位的整型值显示函数调用的结果。如果返回值是 0 则代表函数调用成功,返回非零值说明函数调用失败。函数调用失败的原因有很多种,每个 API 函数都定义了相应的返回值指明特定的错误。错误一般分为两大类:系统错误(返回 1 个正数)和 PI 调用错误(返回 1 个负数),用户通过函数的返回值可以很容易地找到发生错误的原因。

在 PI-API 函数中传递数组参数和传统的 C 语言中传递的方式有所不同,在 C 语言中通过传递数组名达到传址的目的,而在 PI-API 函数中通过传递数组的第 1 个元素完成同样的功能,因为 API 函数的声明保证了传递的是地址而不是数组的第 1 个元素。

通过对 PI-API 函数的灵活使用,可以开发出各种满足客户要求的第三方软件。

3 PI-API 在第三方软件中应用

在电厂中,实时数据大多来自现场 DCS 等控制系统的测点,这些数据有的直接存入数据库,有的经过计算送入数据库,对这些数据的采集通过对接接口及点属性的配置完成。但是,还有一些数据不是从现场采集的,需要运行人员定期手工输入到数据库中,这就需要开发方提供一个手工输入数据的软件平台。

在电厂 SIS 系统项目中,为了向 PI 数据库输入一些非现场采集的数据,开发了一个输入平台完成相应的功能。该软件平台基于 Visual C++ 开发,利用 PI-API 函数库完成与 PI 数据库的交互。软件的主要功能是向 PI 数据库中输入数据(包括模拟量和开关量)同时取出相关数据进行显示,下面就对软件开发过程中的一些问题进行阐述。

3.1 PI数据库的连接与断开

在向PI数据库写数据之前,首先要连接上数据库,API提供了多个函数用于连接数据库,采用最常用的函数 `pilg_connectdlg` 弹出连接对话框,从中选择对应的服务器进行连接。在退出程序前通过函数 `pilg_disconnect` 断开客户端与服务器的连接。需要注意的问题是连接和断开数据库时使用的函数要一一对应。

3.2 时间格式的转换

向PI数据库写数据,要根据PI服务器端而不是客户端的时间进行。所以在写数据前必须取得服务器端的当前时间,这可通过PI-API函数 `pitm_server-time` 实现,但是该函数取得的时间是PI时间格式的,必须将它转换成系统时间格式。PI-API没有提供直接转换时间的函数,它提供了1个名为 `pitm_secint` 的函数,它把PI时间格式转换为1个整型数组,该数组有6个元素,分别用来存放对应时间的年月日时分秒,然后通过对它们的组合得到对应的系统时间并显示在界面中,为输入数据提供时间上的参考。

3.3 开关量和模拟量的输入

因为输入的数据有模拟量也有开关量,但是PI-API并没有分别提供两种函数对它们进行操作,而是提供了两个参数 `rval` 和 `istat` 对它们进行区分,当需要输入模拟量时使用参数 `rval`,需要输入开关量时使用参数 `istat`。

3.4 得到点的标签名

在对点输入数据前,需要得到该点的标签名(tagname),为此用到了PI-API函数库中的 `pilg_tag-searchdlg` 函数,该函数弹出1个标准的搜索对话框,用来在PI数据库中进行点的搜索,选定点后,为了在程序中得到这点的标签名,还需要用到函数 `pilg_get-selectedtag`,它返回1个TAGLIST类型的结构体,该结构体中包含了在搜索对话框中选定点的标签名。

4 结语

PI数据库在当前工业系统特别是电力系统中的应用越来越广泛,因此,对PI关键技术的了解是使用PI数据库的前提。另外,随着基于PI数据库的第三方通信软件的增多,PI-API的应用也是日益广

泛。PI-API功能强大,可以开发出各种满足客户要求的软件,所以,在使用过程中挑选合适的API函数至关重要,这就要求开发人员在客户需求的基础上,熟练地掌握各API函数的功能,从而开发出高效的应用程序。

参考文献:

- [1] 匡 杨. PI实时数据库系统的结构、管理及其应用[J]. 石化技术, 2003, 10(4): 35-37.
KUANG Yang. Configuration and management of PI real-time database and its application [J]. **Petrochemical Industry Technology**, 2003, 10(4): 35-37.
- [2] 谢传军, 陈 兵, 聂剑平, 等. PI系统在电厂实时监控中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2003, 24(8): 78-80.
XIE Chuan-jun, CHEN Bing, NIE Jian-ping, et al. Application of PI system to real-time supervising of power plants [J]. **Computer Engineering and Design**, 2003, 24(8): 78-80.
- [3] 刘云生. 实时数据库系统及其特征 [J]. 华中理工大学学报, 1994, (6): 66-70.
LIU Yun-sheng. Real-time database system and its character [J]. **Journal of Huazhong University of Science and Technology**, 1994, (6): 66-70.
- [4] 赵海波, 黄勇理, 陈 胜, 等. 基于电厂运行数据库的专业智能搜索引擎[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(8): 25-28.
ZHAO Hai-bo, HUANG Yong-li, CHEN Sheng, et al. Professional intelligent search engine based on running database of power plant [J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2003, 23(8): 25-28.
- [5] 张国忠, 王 昆, 丁伟平, 等. 火电厂厂级生产监控信息系统的实现[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(10): 37-41.
ZHANG Guo-zhong, WANG Kun, DING Wei-ping, et al. Realization of supervisory information system for power plant [J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2003, 23(10): 37-41.

(责任编辑: 汪仪珍)

作者简介:

洪 慧(1979-), 男, 江苏通州人, 硕士研究生, 研究方向为热工过程信息化(E-mail: hhoo66@163.com);

林中达(1945-), 男, 福建莆田人, 教授、博士研究生导师, 研究方向为热工过程信息化、生产过程自动化等。

Application of PI real-time database and information exchange in power plant

HONG Hui, LIN Zhong-da

(Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The software of PI(Plant Information) real-time database(server, client and interface) is introduced, and some data processing skills(data flow, swing door compression and buffering storage) are described. The PI-API(Application Programming Interface) function and its application in the third party software of power plant are detailed. With strong functions, PI-API may develop various kinds of software to satisfy clients.

Key words: PI; PI-API; information exchange