

# 实时数据库在变电站自动化系统中的应用

崔江峰, 王冬青, 刘沛, 苗世洪

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 针对关系型数据库系统在变电站自动化系统的实时应用中存在的缺陷, 根据变电站的结构与特点, 分析了变电站自动化系统中实时数据库系统的构成, 利用面向对象技术给出了变电站自动化系统实时数据库的数据模型与接口实现方法, 对其体系结构、分布式机制、系统特色等方面进行了探讨。

关键词: 变电站; 实时数据库; 分布式体系结构

中图分类号: TM63 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)12-0047-04

## 0 引言

在变电站自动化系统中需要对变电站运行进行监视、控制和管理, 不仅需要维护大量的共享数据和控制知识; 而且这些应用活动的完成又具有严格的时限, 要求在某时刻或某有限时间内把从 RTU 采集来的遥测、遥信和电量数据, 按彼此间的关联存取和处理, 这些数据的有效时间是短暂的, 过时则失效, 因此变电站自动化系统的正确性不仅依赖于逻辑结果, 而且还依赖于逻辑结果产生的时间<sup>[1]</sup>。关系型数据库在存储和管理永久性、非短暂数据方面虽然有着广泛的应用, 但是, 由于它主要存储在慢速的外部存储设备, 执行时间不可预测, 没有定时性, 利用它管理实时数据显然存在着严重的不足。因而将实时技术和数据库技术相结合, 进行变电站自动化系统的实时数据库系统方面的研究是非常必要的。

## 1 变电站自动化系统功能结构分析

为适应大型变电站和集控站的需要, 系统采用分层分布式结构, 即按照变电站被监控、保护对象和系统功能, 分布设置多台微机, 并将它们连接到能共享资源的网络上实现分布式处理; 功能结构如图 1 所示, SCADA 系统主要由前置数据处理模块, SCADA 服务模块, 实时库维护模块, 画面监视模块构成。前置数据模块解释各种规约, 不同规约分别作成规约库, 根据变电站的具体规约配置由前置数据进程动态加载。前置机将解释出来的 YC, YX, KWH 的原码以及解释后的 SOE 放入共享内存, SCADA 服务模块通过共享内存与前置机通信, 读取这些生数据, 经过处理后生成数据, 写入实时库; 另外, SCADA 服务模块还完成一些可控对象的遥控和遥调功能。实时库维护进程负责实时数据库的备

份, 动态加载, 向客户端提供数据服务。画面监视模块完成实时数据、曲线、动画的显示, 事故报警, 报表的制作与打印等。PAS 主要完成变电站系统大量在线综合分析和计算, 包括: 无功电压综合控制、故障分析与控制等。其数据信息主要是设备参数信息及大量的实时运行状态信息等。通过配置 Web 服务器, 用户经过管理网关的身份验证后, 可在 Internet 各处使用浏览器监控整个变电站监控运行的动态情况。

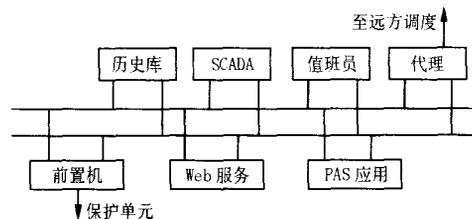


图 1 变电站自动化系统功能结构图

Fig. 1 Functional structure of substation automation system

变电站实时数据库是按功能分布的分布式实时数据库, 即为不同应用提供服务的实时数据库应该分布在不同的服务器节点上。例如 SCADA 实时库运行在 SCADA 服务器节点上, PAS 实时库运行在 PAS 服务器节点上。Web 服务器, PAS 服务器, 值班员站分别通过不同的方式向 SCADA 服务器请求数据, 以实现网络平衡。这种物理上的分布对于应用程序是透明的, 应用目标程序只把它们当作一个逻辑服务器来访问, 组件技术可以满足这种分布式应用的要求, 组件是一种可重用的软件, 本系统采用 Microsoft 公司的 COM/DCOM 技术来实现局域网上不同进程间的通信。

## 2 变电站自动化系统实时数据库的结构与设计

实时数据库首先是一个数据库管理系统, 它应

具有一般 DBMS 的基本功能,包括有效的数据存取,各种数据库操作,任务的调度与并发控制以及恢复机制。实时数据库的体系结构包括实时任务调度与管理、内存数据库、I/O 调度。其中内存数据库是实时数据库的核心之一,它包括数据库数据模型、数据操作、实时资源管理和网络通信<sup>[2]</sup>。

### 2.1 内存数据库的结构

内存数据库要求较大内存,但如果内存开辟的过大,将会影响操作系统的运行性能,因此将两类数据保存在内存,一类是具有短暂有效时间的数据,如遥测量、遥信量、电度量等数据;二类是存取频率高的数据,如计算规则和参数配置等数据。

在系统设计中采用 C++ 语言和面向对象技术来构造数据表类和数据库类。在这个系统中,核心类是数据库类,即 RTDBDATA 类,它控制着对数据库的交互应用,包括事务管理、内存分配、数据库访问等,主要封装了三类成员: 同步事件对象; 由数据表类声明的对象; 从通信协议层接收、发送数据和任务管理。

内存数据库中的数据存放在表中,一个数据库中 can 包含很多个表。这里的表对应于 C++ 中的类,表中的记录对应于类的实例,相同类型的记录放在同一个表中,主要有遥测类、遥信类、电度量类、计算规则类、控制操作类和操作规则类。遥测类包含越限监视、最值和平均值统计、历史采样处理等任务;遥信类包含变位监视、复合遥信计算等任务;电度量类包含电量累计与统计等任务;控制类包含控制等任务。利用 RTData Table 类作为实时数据库中所有数据表类的基类,是抽象类,封装了实时数据表类的公共属性和方法;RTData 类作为 RTYc Table (遥测类)、RTYx Table (遥信类)、RTKwh Table (电量类)和 RT-Control (控制类)的基类,是抽象类,封装了启动 Start、停止 Stop 等方法,派生于 RTData Table 类;RTRules 类是 RTCalculate (计算规则类)和 RT-Condition (控制规则类)的基类;封装了计算等任务,也派生于 RTData Table 类。

### 2.2 实时任务调度管理与数据安全问题

在变电站自动化系统中,实时任务之间、数据对象之间关系比较复杂,存在着相互制约和相互依存的现象,因此必须管理好各实时任务的活动和冲突问题。线程是解决并发冲突的有效技术,它具有临界区、互斥、信号量、消息、同步事件和互锁函数等多种同步机制,可用来解决资源共享和线程之间的协调问题。另外实时数据库也有用户及权限管理的问

题,在实时数据库中应建立若干用户,对每一用户给予不同的权限。比如超级用户(可访问所有的实时库,可以对数据进行读写),SCADA 用户(只对 SCADA 实时库有读写权限),一般用户(只能进行读操作)。

## 3 变电站自动化系统实时数据库的功能与特点

实时数据库保存从现场(I/O)测控单元采集实时数据,其数据在每次系统扫描周期之后被刷新一次,在实时数据库中 can 保存模拟量、数值量、脉冲累计量、控制量、计算量、虚拟量等类型的点,实时数据库支持用户对实时数据的编辑、查询。

### 3.1 数据库的启动与初始化

实时数据库系统在未启动时以文件的形式存放在硬盘上。实时库在启动的时候需要一个参照的蓝本,叫做实时库表结构,此表结构存放在历史库中,此表结构定义了实时库中数据表的表模式和列模式。启动时,从历史库中读自身的结构,形成相应的实时库表,将其安装在内存,以保证数据的查找,满足数据更新的实时性。主要完成: 为数据库分配内存,使之驻留内存; 根据变电站的层次结构,为各库建立层次型的指针连结,即上一层库的记录对下一层数据库相关记录的指针,并检验层次指针的合理性和层次结构的完整性; 启动主线程程序,为各种应用提供数据服务。

### 3.2 数据库的管理系统

在实时数据库启动前可以利用此管理系统进行实时数据库配置库的设定,包括表结构以及触发器的设定。实时数据库启动后此管理系统可实现实时数据库的交互式录入和维护功能,主要有:拓扑结构和设备数据的录入、修改和删除、SCADA 数据的录入、修改和删除。变电站的设备发生变动时,可以及时地反映到实时库中,可通过消息实现在线维护和数据表的动态加载。实时数据库提供与商用数据库类似的数据定义语言(DML)和数据库操作语言(DDL)。其中 DDL 包括 create table, drop table 等, DML 包括 select, update, delete, insert 等,并且提供实时库客户端来完成这些操作。

### 3.3 事件驱动机制

实时数据库一般情况下均处于被动状态,但在应用过程中,有些功能包含了数据主动服务的要求,即一些应用功能是由数据的变化而引起的,如越限告警、变位告警、事故告警等,这就需要实时数据库

具有一定的主动功能,可以仿照关系数据库中触发器的作用来实现此功能,根据 EVENT-CONDITION-ACTION 的形式离线定义实时规则。即可以在触发器中注册一个消息,当触发器动作时,可以向指定的进程发送一个消息。从而提高系统的响应速度,增强系统的开放性。

下面以开关事故变位为例,说明事件驱动机制的实现方式。

```
// 事件处理回调函数指针
typedef int
( * EVENT-CALLBACKPROC ) ( int eventcode ,
SYSLOCK * ,void * ,int pid ) ;
// 触发器动作时要注册的上事件处理函数
EVENT-CALLBACKPROC
PosetMsgToApp ( int eventcode , SYSLOCK * ,void * ,int pid ) ;

// 事故变位时,向指定进程发送消息
Int PosetMsgToApp ( int eventcode , SYSLOCK * ,
void * ,int pid )
{
.....
if ( eventcode == SG-INDICATOR )
// 开关事故变位
PostMessage ( ... )
// 向进程号为 pid 的进程发送消息
.....
}

// 注册事件处理函数
RegisterEventProc ( int eventcode , EVENT-CALLBACK-
PROC regproc ,void * argp ) ;
Typedef
{
int typecode ; // 动作代码
char kgcode [ 10 ] ; // 开关代码
int time ; // 动作时间
} KGACTIONINFO ; // 开关动作信息描述
KGACTIONINFO kginfo = ... ;
RegisterEventProc ( SG-INDICATOR , PosetMsgToApp ,
kginfo ) // 在触发器中注册事件处理函数

// 开关变位触发器
...
while ( 1 )
{
... // 取事件
if ( 事故变位 )
// 调用 PosetMsgToApp 函数
```

}

...

### 3.4 数据库 I/O 访问控制

实时数据库是内存数据库,它针对不同应用提供了类访问模式,一类是直接的物理地址访问,把实时数据库分区的共享内存部分进行映射,应用程序就能以相当高的效率访问这一段共享内存,在 WINDOWS 操作系统下,利用 CreateFileMapping () 和 MapViewOfFile () 函数实现,这一类模式具有很高的访问效率,但是这种访问模式绕过了数据库管理系统,不能保证数据的安全性与完整性,并且只能访问本地数据。第二类是系统提供规范的访问接口,通过该类接口可实现网络数据的访问,适合不同进程和不同节点之间数据的访问与控制。本系统利用 COM/DCOM 技术实现了两个接口<sup>[3]</sup>,IRtdb 接口和 ICursor 接口。IRtdb 接口是主要接口,负责实现实时库的打开、关闭、启动和停止周期计算,执行相应的 SQL 语句(包括建表、插入、更新、删除、添加删除索引等数据库的操作),ICursor 接口用于输出查询结果。

### 3.5 分布式机制的实现

实时库的实体以应用为单位在网络上进行分布,例如 SCADA 数据库、PAS 数据库和 VQC 数据库等,这些数据库实体在逻辑上是分开的,相互独立存在,在物理上可以根据具体硬件系统配置情况进行安排。分布式机制实时数据库利用客户服务器交互访问、流式传输、异地镜像、报文广播、代理服务等多种机制来实现数据的分布功能<sup>[4]</sup>。这几种机制有各自的优缺点和相应的应用场合。

1) 选择 Client/Server (C/S) 方式:即问答式访问。客户端不生成数据库实体,只需安装实时库的客户端,实时数据通过客户端接口从服务器的数据库实体中获取。这种方式的优点是客户端比较瘦,易于系统移植、扩展和维护数据一致性,缺点是网络负载较重,影响速度。对于数据量不大,访问实时库不是很频繁的应用可以采用这种方式。

2) 流式传输与客户服务器交互访问有很大的类似性,它的基本原理是客户端定义某种规则向服务器一次性申请某些数据,并说明所请求数据的刷新周期,向实时库服务器注册一个流。而后服务器就会按指定时间间隔周期性地向客户端“回送”数据,其特点是取消了客户服务器交互访问中频繁的应答过程,且服务器可根据客户请求数据的变化情况,动态调整数据报文的大小,优化网络中的数据流

量,提高系统响应速度。

客户端调用接口为:

```
int RdbCliStream RegisterStream(char *usr ,char *pwd ,
char servertype int freshcycle ,int datanums ,void * datamem ,
int pid)
```

```
//usr      实时库用户名
//pwd      实时库用户口令
//servertype 实时库服务器类型,如 SCADA ,PAS 等
//freshcycle 实时数据刷新周期,单位为秒
//datanums 客户端请求的数据个数
//datamem 客户端要求的数据缓冲区指针
//pid      客户端进程 ID
```

客户端调用该函数向实时库服务器注册流,服务器端接收到请求后,在实时库中查询用户要求的数据,然后根据数据的变化情况,向客户端发送消息。客户端处理该消息。

```
...
# define STREAMDATA-MESSAGE WM-USER + 100
//定义数据流到达时的消息
BEGIN-MESSAGE-MAP(CMainFrame , CCliWnd)
//{{AFX-MSG-MAP(CMainFrame)
...
ON-MESSAGE ( STREAMDATA-MESSAGE , OnStreamMsg)
...
//}}AFX-MSG-MAP
END-MESSAGE-MAP()
void CMainFrame OnStreamMsg ( UINT wPara ,
LONG lPara)
{
...
//消息处理,调用实时库客户端接口函数,接收实时库服务器端回送的数据
...
}
```

3) 异地镜像可以提高数据库间数据同步效率以适应某些特殊的应用,其实质是以数据库中一些基本结构为单位,进行整体数据的异地同步。异地镜像的最大特点是效率高,特别适合于一些需要大量数据传输的应用场合,它在这些特殊的应用中具有明显优势。例如,某一节点启动时,可指定它为另一节点的镜像数据库并从该节点启动,使它与另一节点的数据保持一致,通过它可实现数据库的远程快速更新。并且可以保证服务器节点短时间故障时,本节点不受影响,从而加快故障的恢复。在系统实时数据库配置时,指定实时库服务器的安装节点和镜像节点,由实时库镜像进程维护实时数据库在

服务器节点和镜像节点之间镜像。

4) 采用代理机制(PROXY)也可以实现对服务器的访问。驻留代理机制的服务器动态地维护分布式系统中某一数据库的相关信息,完成对数据库进行请求等操作,并把操作结果组合起来,返回给应用程序。应用程序只和代理打交道,这样第三方的应用和变电站实时数据库系统完全隔离开来,从而提高系统的安全性。一般说来,代理机制需要完成以下几方面功能:资源字典的建立及查询、各种访问请求的转发、对应答的递交、回答的超时控制和数据库中模式信息的查询等。

在代理服务器端先定义要代理的实时库名,实时库中的表名和字段名以及刷新的时间节拍。由实时库克隆进程把要求实时库记录从相关的服务器克隆到代理服务器。代理服务器接收第三方应用的请求,将实时数据回送给第三方应用。

实时库克隆进程:

```
...
//pdict 要代理的实时库数据字典
//fresh-cycle 刷新周期
void RdbClone(DbDictionary pdict ,int fresh-cycle)
...
代理服务器进程
...
//监听客户端连接请求
while(1)
{
...
int sock = accept( .. );
if(sock != INVALID_SOCKET)
{
//建立连接,启动实时数据服务线程
}
...
}
```

## 4 结束语

本文根据变电站自动化系统的功能分析了变电站自动化系统中实时数据库系统的结构、数据对象的种类和事务,在此基础上提出了利用内存数据库技术、面向对象技术和多线程技术构造一个实时数据库模型的方法;分析了该实时数据库的功能与特点。通过实验测试,该实时数据库运行稳定,代理机制与流方式访问机制取得了良好的效果。

(下转第 64 页 continued on page 64)

时间。

在实际应用中,也可只用距离段,将距离、段退出。

## 5 结束语

快速切除 DZ 区的故障,对电力系统的安全稳定运行具有重要意义。解决 DZ 区快速动作的方案主要有两种:将差动保护交流回路切换入旁路电流互感器和利用旁路保护段。前者应用于两台以上

变压器的变电站时,因电流切换回路过于复杂而不可取;后者仅需要通过简单的整定计算即可实现,具有较强的实用性。

洛阳供电区目前已按第二种方法执行,并修改了调度规程中有关旁路保护投退的条款。

收稿日期: 2003-09-11; 修回日期: 2003-11-14

作者简介:

张会文(1972-),男,助工,从事继电保护运行管理工作。

### Eliminating the dead-zone without instant protection when pass-by CB replaces the CB of main transformer

ZHANG Hui-wen

(Luoyang Power Supply Company, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** If pass-by CB (circuit breaker) replaces the CB of main transformer, the circuit of differential protection will change from the CT of the breaker to the bushing type CT of the main transformer, which will bring a dead-zone without instant protection. It is dangerous to the safety of the power system if the fault in the dead-zone cannot be cut off immediately. This paper brings forward a solution to solve the above problem by using the protection of the pass-by CB, and discusses how to calculate the settings in this case.

**Key words:** dead-zone without instant protection; eliminating method; protection of the pass-by CB; setting principle

(上接第 50 页 continued from page 50)

## 参考文献:

- [1] 窦玉东,余健明,同向前,等(DOU Yu-dong, YU Jian-ming, TONG Xiang-qian, et al). 变电站自动化系统实时数据库研究(Study of Real-time Database System Applied in Substation Automation) [J]. 西安理工大学学报(Journal of Xi'an University of Technology), 2003, 19(1): 80-83.
- [2] 刘云生(LIU Yun-sheng). 现代数据库技术(Technique of Modern Database) [M]. 北京:国防工业出版社(Bei-Jing: National Defence Industry Press), 2001.
- [3] 潘爱民(PAN Ai-min). COM 原理与应用(Theory and Application of COM) [M]. 北京:清华大学出版社(Bei-jing: Tsinghua University Press), 2001.

- [4] 吴文传,张伯明,王鹏(WU Weirchuan, ZHANG Bo-ming, WANG Peng). 一体化系统的分布式实时数据库管理系统(A Distributed Real-time Database Management System Applied in the Integration System) [J]. 中国电力(Electric Power), 2000, 33(10): 85-89.

收稿日期: 2003-10-28; 修回日期: 2004-02-17

作者简介:

崔江峰(1977-),男,硕士研究生,研究方向为微机继电保护与变电站综合自动化;

王冬青(1980-),女,博士研究生,研究方向为电力系统继电保护;

刘沛(1944-),女,教授,博士生导师,研究方向为继电保护及变电站自动化。

### Application of real-time database system in substation automation

CUI Jiang-feng, WANG Dong-qing, LIU Pei, MIAO Shi-hong

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** To the limitation of the relative database system existed in the real-time application of substation automation system, the paper analyses the composition of the real-time database (RTDB) of substation automation system according to the structure and features of substation automation. A method of realizing data model and interface using object-oriented technology is given. The system structure, distribution mechanism and some features are also discussed.

**Key words:** substation; real-time database; distribution mechanism