

变电站自动化系统中实时数据库的研究

赖明江, 耿英三, 张国钢, 王建华
(西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049)

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的特征, 利用面向对象技术建立了变电站自动化系统实时数据库的数据模型, 采用了数据片存储技术, 提出了基于链表散列技术的数据管理策略, 提出了事务控制以及接口实现方法。

关键词: 实时数据库; 数据模型; 数据片; 事务管理; 访问接口

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)02-0066-04

0 引言

实时数据库系统 (Real - Time Database System, 简称 RTDBMS) 是其事务和数据都具有定时的特性或显示的定时限制的数据库系统。系统的正确性不仅依赖于逻辑结果, 而且依赖于逻辑结果产生的时间^[1~3]。

在变电站自动化系统中需要对变电站的运行进行监视、控制和管理, 随着变电站系统越来越复杂、处理的数据量越来越大, 于是各个功能模块需要一个数据库系统来管理维护大量的共享数据; 由于变电站自动化系统的实时性要求较高, 这些应用活动的完成具有严格的时限, 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。例如, 一个具有 10, 000 个变量的变电站, 数据平均 2 s 刷新一次, 每秒钟便会产生 5000 个数据。于是, 每秒钟有 5000 行数据需要插入到数据库中以实现完整的数据存储, 常规的关系型数据库如 Oracle、SQL Server 是不能支持这么高的事务处理率的, 因为常规的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^[2]。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。

本文所研究的实时数据库在数据存储方面采用数据片的存储技术, 大大地节约了存储空间。在数据的访问方面采用统一的访问接口, 其他应用程序

可以通过直接读取实时数据库数据而不必了解系统的数据结构, 这样为系统的开发提供了便利。

1 实时数据库的总体结构

实时数据库管理维护实时数据以及与实时数据有关的信息, 与传统的数据库相比, 主要在调度机制和事务管理方面有较大的区别。本文所实现的实时数据库是一个驻留内存的实时数据库, 主要为了满足变电站自动化系统的高速数据访问要求而设计, 它必须具有良好的数据模型、访问调度和并发控制机制, 以支持不同类型的事务, 提供基于优先级的数据访问和较高的处理率。系统的总体结构如图 1 所示。

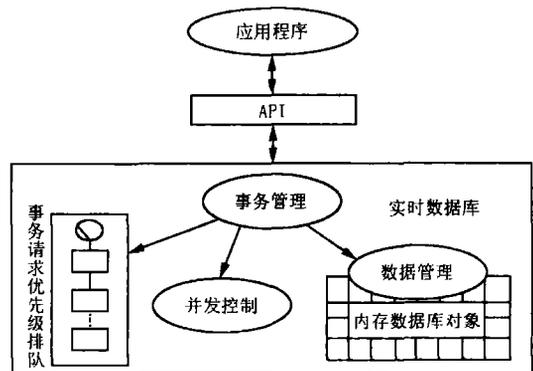


图 1 实时数据库的总体结构

Fig 1 Overall architecture of real-time database

由图 1 可见, 整个系统可以分为四大模块: 数据对象模型, 数据存储管理模块, 事务管理模块, 应用接口模块。数据对象模型是数据库系统设计的重要基础, 它是变电站系统数据的抽象, 它决定了实时数据以何种数据结构组织在内存中; 数据管理模块实

现对数据的存取操作和其他处理,保证数据库状态最新,数据值时间一致;事务管理模块管理实施事务的产生,执行和结束,首先要解决实时调度问题,实时调度最主要的目标是满足事务的截止时间,调度算法要在最大程度上满足事务的时间限制,同时保证数据的逻辑一致性和时序一致性;应用接口模块提供客户程序或者用户访问该系统的接口。

2 数据对象模型

面向对象分析的首要工作是建立问题域的对象模型,这个模型描述了现实世界中的对象类以及他们之间的关系,表示了目标系统的静态数据结构,其结构相对来说比较稳定。变电站自动化系统是一个集管理、监控、分析和决策于一身的大型复杂的实时系统,如何分析变电站的系统结构,如何组织管理这些数据,以便查找和存取数据元素更为方便显得至关重要。

整个变电站综合自动化系统中要测控的各种电气量和数据是非常多的。只有对这些数据进行分类,并定义它们的数据结构,才能在软件中实现这些量。变电站综合自动化系统主要任务是完成四遥功能,遥测、遥信、遥调、遥控,根据这4个主要功能和变电站的实际应用情况,可以将变电站监控系统中的数据分为以下几类:遥信量、遥测量(包括模拟量和累计量)、遥控量、遥调量,除此之外,系统还要记录一些SOE事件和多状态量。但是实时数据库系统比较关心的是和随时间变化的数据即遥测量和遥信量。对于遥信量和遥测量本文抽象出两个类(ARealTagAnalog, CRealTagDigital)进行描述,下面以ARealTagAnalog为例进行描述:

```
class CRealTagAnalog : public CRealTag
{
public:
    CRealTagAnalog();
    ~CRealTagAnalog();

public:
    double m_dbIAH; //高报值
    double m_dbIAL; //低报值
    BOOL m_bEnableLevelAlarm; //是否越限报警
    double m_dbMaxAllow; //最大值
    double m_dbMinAllow; //最小值
    double m_dbAverageValue; //平均值
    int m_nSpPrecision; //精度
};
```

因为所有的这些数据类都有一些共同的属性和方法,比如说是是否保存数据、是否人工置数等属性,

保存数据、加载数据等方法,所以,又可以从这些数据类中提取出来一个类(用CRealTag表示),类类中声明了这些数据类共同的属性和方法。

```
class CRealTag : public CObject
{
public:
    CRealTag();
    CRealTag(CString name);
    virtual ~CRealTag();

public:
    CString m_stName; //名称
    CString m_strTagType; //数据类型
    CRealTimeDataQueue m_dataQueue; //实时数据队列
    COleVariant m_vValue; //当前值
};
```

按照上面的数据抽象,系统中就可以使用以上的数据类来表示各种不同的电气量或是相关变量。具体如下:

CRealTagDigital类:开关量,包括断路器,开关状态,手推车位置以及系统内部使用的组合逻辑量;

CRealTagAnalog类:电压,电流,功率因数,频率等;

CRealTagAccumulate类:有功电度,无功电度;

CTCsVarSimpleFloat类:定值量。

在变电站自动化系统中,单元为最小检测对象,不同类型的单元包含不同数量的模拟量、数字量等属性,代表了不同线路的电压或者电流、各种开关的状态以及SOE事件等。不同单元的各种属性的类型,名称各有差异,这些属性就可以通过上面介绍的几种数据进行描述。在建立数据对象模型时,整个系统抽象成一个类CRealTimeDB,将采集数据的单元抽象为一个组(CGroup),整个系统由若干个组聚合而成,每一个组(CGroup)由若干个变量(CRealTag)聚合而成。数据对象模型的具体结构如图2所示。

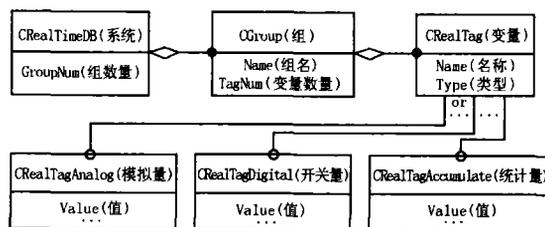


图2 数据对象模型

Fig 2 Model of data

3 数据存储管理

传统的磁盘数据库的操作基于磁盘存取

(I/O),而磁盘 I/O 的时间延时及其不确定性对实时任务往往有致命的影响。数据存储管理模块解决上述的延时和不确定性问题。这一模块主要负责变量对象的生成、删除、访问以及数据内容的更新。在不同的阶段,数据管理模块的任务不同,在系统启动时,数据存储管理模块根据配置信息生成变量对象,分配内存空间;在系统运行中,其主要工作是数据对象的访问和数据内容的更新;在系统退出时,该模块负责删除所有的数据对象,收回内存空间。

根据对象模型可知,系统变量以“组名+变量名”来管理。例如 UnitA 单元的 YC1 的实时值通常以“UnitA.YC1.Value”的方式标识。在整个系统中,所有的变量组以组名为关键字,而某一变量下的所有变量以其名称为关键字。这样对于任意一个量,只需要经过 2 次查询,就可以找到其具体的位置,第一次确定它所在的组在系统中的位置,第二次确定它在该组中的具体位置。通过两次查找找到具体量的位置以后就可以读取该量的具体属性值。

在具体到每一个量的存储时,本文采用了“数据片”的技术。每一个变量都有一个数据队列,数据队列中的每一个元素我们称之为数据片。每一个数据片中包含这样一些信息,该数据片的具体数据值,以及取得这些值的时间值。如图 3 所示。由于在变电站自动化系统中,一般情况下数据值变化不会很大,当添加一个新的数据值时,如果在精度要求范围内和该变量的上一个值“相等”,那么只需在该数据片中添加一个时间值即可,大大地节约了存储空间。

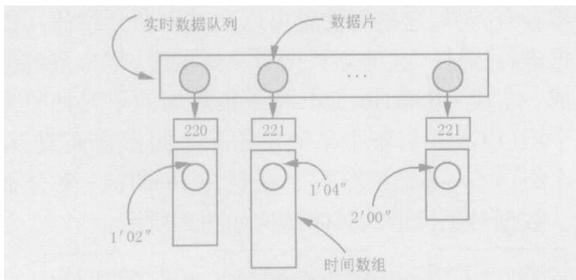


图 3 实时数据队列结构

Fig 3 Frame of real-time data queue

实时数据队列提供数据访问的接口,客户程序可以通过接口存数,读取一段时间的数据或者该队列中的全部数据,如图 4 所示。

4 事务管理及访问接口

变电站自动化系统的任务具有时限性,系统必须保证时间限制较强或较紧急的任务较早地执行,也就是能控制事务的执行顺序^[4,5]。

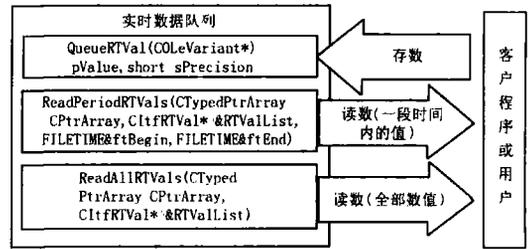


图 4 实时数据队列的访问接口

Fig 4 Interface of real-time data queue

事务是访问并且可能更新各种数据的一个程序执行单元。实时事务等待和执行时间涉及到实时事务的调度,实时事务的调度算法必须在保证数据的一致性,事务正确性和事务限时性的条件下,最大化事务并发控制执行和对资源的使用。为保持数据一致性并满足时间限制,通常需要并发控制协议和实时调度协议的综合。

对实时数据库系统来说,调度算法过于简单不能满足实时调度的合理性,过于复杂加大了系统的复杂性和系统开销。于是,选择调度算法时,必须考虑事务特性、计算时间、资源需求、重要性程度、先后次序关系,通信要求,定时限制等等条件。实时事务一般采用基于优先级的调度方法,具体有静态调度法、可抢占优先级调度法、动态计划式调度法、动态尽力式调度法等。

实时数据库中的事务我们按照功能分为三类:

- 1) 现场的物理设备周期性的对实时数据库的更新;
- 2) 用户通过查询语句或者调用相关的 API 函数对实时数据库的访问;
- 3) 实施数据库的定时性访问事务,实时数据库会根据系统的配置信息周期性的将实时数据库中的数据信息转入历史数据库。按照实时数据库的事务功能以及使用数据的方式,可以将以上事务的按优先级从高到低分的顺序为三类: 1) 控制命令事务,由用户提交的实时数据写事务,优先级最高; 2) 数据采集事务,主要由 I/O 服务程序提交的实时数据写事务,优先级次之; 3) 实时数据读事务,包括用户和客户程序提交的实时数据读事务,优先级最低。

在任何数据库设计中,一个非常的内容就是应用程序如何访问数据库,即数据库接口的设计。数据库最根本、最重要的功能是存储数据。但是,仅有数据是远远不够的,用户还需要对数据进行处理、显示。于是这就涉及另外一个问题,用户如何访问数据,也就是访问接口的问题。

变电站自动化系统中的实时数据库作为一个数

据后端,其数据内容对于客户程序来说是陌生的,是一种私人数据源。然而各种客户程序如:工作站、报表生成系统、票生成系统等都依赖于实时数据。因此,有必要寻求一种公共的、标准的方式对外开放其信息。

实时数据库采用公共的、统一的访问接口以后,不仅使访问数据大为方便,同时为变电站自动化系统其他功能模块的开发提供了便利,如果开发者需要新开发一个功能模块,那么他不必花大量的时间去学习了解整个系统,掌握整个系统的数据结构以及相互关系,他只需要通过接口向实时数据库提取数据就可以满足其要求。

5 结束语

实时数据库是变电站监控软件的重要组成部分。本文在实时数据库理论的基础上,从数据对象模型、数据存储管理、事务管理以及数据访问接口等几个方面对其进行了深入研究,设计了变电站自动化系统的实时数据库,它实现了高速数据的访问和存储,并且为各功能模块以及系统的开发者提供了一个访问数据库的统一接口,为系统的开发者提供了极大的便利。

参考文献:

- [1] 刘云生,卢炎生,王道忠. 实时数据库系统及其特征[J]. 华中理工大学学报, 1994, 22(6): 66-70.
LU Yun-sheng, LU Yan-sheng, WANG Dao-zhong. A Real-time Database System (RTDBS) and Its Special Features[J]. Journal

of Huazhong University of Science & Technology, 1994, 22(6): 66-70.

- [2] 刘铭. 工业实时数据库设计研究(博士学位论文)[D]. 西安: 西安交通大学, 2003.

LU Ming. Research on Industrial Real-time Database, Doctoral Dissertation[D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 2003.

- [3] 张志樵. 实时数据库原理及应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 2001.

ZHANG Zhi-lin. The Principle and Application of RTDBMS[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2001.

- [4] 吴文传,张伯明,许春晖. 调度自动化系统实时数据库模型的研究与实现[J]. 电网技术, 2001, 25(9): 28-32

WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, XU Chun-hui. Study and Implementation of Real Time Database Management System (RTDBMS) Model Applied in EMS[J]. Power System Technology, 2001, 25(9): 28-32

- [5] 白树忠,南新志. 变电站综合自动化实时数据库管理系统的研究与开发[J]. 电力系统及其自动化学报, 2002, 14(3): 43-46.

BAI Shu-zhong, NAN Xin-zhi. The Study on Real-time Database Management System for Auto Substation System[J]. Proceedings of the EPSA, 2002, 14(3): 43-46.

收稿日期: 2005-06-13; 修回日期: 2005-08-07

作者简介:

赖明江(1981-),男,研究生,研究方向为电力系统自动化; E-mail: laimj@iea.org.cn

耿英三(1963-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为电力电子及低压电器 CAD/CAE;

张国刚(1976-),男,讲师,博士,主要研究方向为智能化电器及 CAD,电器仿真计算等;

王建华(1954-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为高压真空电器、电器 CAD&CAM 技术、智能化电器等。

Study of real-time database management system (RTDBMS) applied in substation automation system

LA IMing-jiang, GENG Ying-san, ZHANG Guo-gang, WANG Jian-hua

(Institute of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: According to the limitation when the RTDBMS used in substation automation system and the structure and the characteristic of substation, the real-time data in substation automation system are illustrated. This paper also designs the data model, data management strategy based on hashing, and the interface with object-oriented method.

Key words: real time database management system (RTDBMS); data model; data slice; data management; interface

(上接第 65 页 continued from page 65)

Abstract: Mathematical models lay a foundation for power plant simulation. Every equipment or component of power plant electric systems is considered as a module with related arithmetic which is put into the algorithm bank. The simulation can be realized throughout configuring module by the way of graphical modeling. This algorithm has been used in the simulation system of Shanghai Oil and Chemical Thermal Power Plant successfully. The result shows that this algorithm is of rapid speed and without convergency. The precision is also within demand.

Key words: power plant simulation; mathematical model; graphical modeling