

虚拟仪表综合热分析仪

钟洪钧, 胡运发

(复旦大学计算机与信息技术系, 上海 200433)

摘要: 研制成功的智能化综合热分析仪是一种虚拟仪表, 它采用上位机与下位多单片机的分布式控制结构。下位机温控卡和信号采集卡与上位机通过 USB 接口进行通信。利用虚拟仪器的框架提高了综合热分析仪的扩展性和出色的集成能力。应用嵌入式数据库技术对数据集中进行管理, 提高了对试验数据的管理和查询能力。

关键词: 虚拟仪表; 嵌入式数据库; 热分析; USB 通信

New Integrated Thermal Gravimetric Analyzer Within Framework of Virtual Instrument

ZHONG Hongjun, HU Yunfa

(Computer and Information Technology Department, Fudan Univ., Shanghai 200433)

【Abstract】 The new integrated thermal gravimetric analyzer is designed according to the framework of virtual instrument, which greatly improves the extensibility and usability of the instrument. The upper-level computer communicates with low-level SCMs using USB communication mechanism. Embedded database technology is used to manage huge amounts of data centrally and enable the users to query and analyze data through a unified entry point.

【Key words】 Virtual instrument; Embedded database; Thermal analysis; USB communication

热分析通常是指应用热力学参数随温度变化的关系进行分析的方法。虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件, 结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用^[1]。虚拟仪器的概念使得传统的电子测量仪器、状态监测与过程控制开始向计算机化和智能化发展。

嵌入式数据库可以提供可靠的数据管理服务, 具有低运行开销、内进程执行模型、自调整和自适应能力, 非常适合用于嵌入式系统^[2]。因此, 应用该项技术开发出的智能化仪表具备安全可靠管理巨量数据的能力, 与传统的分散的用文件管理方式比较具有易于查询的优点; 与采用独立关系数据库的管理数据方式相比具有对用户透明、效率高的优点。

1 虚拟仪表综合热分析仪的架构设计

由于综合热分析仪器需要采集大量的数据并能实时显示和处理, 因此采用上位 PC 系列微机与下位多单片机构成的分布式控制系统结构。下位单片机执行实时控制和数据采集, 上位机对下位机进行参数设置和控制, 并实现数据描绘、显示、数据处理和报表等功能。下位机采用主板 3 插卡型式, 插入温控卡、TG(重量)卡和 DTA(差热)卡分别实现温度采样与控制、重量采样和 DTA 采样。这种基于虚拟仪表框架的分布式设计结构层次清楚, 有利于主板和插卡的系列化设计和嵌入式软件模块的复用, 提高了综合热分析仪的扩展性和集成能力。综合分析仪主要组成见图 1。

综合热分析仪采用两层通信机制, 上层是上位机与控制站主板之间用 USB 通信连接, 下层是控制站主板与各插卡中的单片机采用多机通信方式联络。

基于 USB 高速数据采集通道, 克服了传统数据采集插拔麻烦且速度不够快的缺点。具有如下优点: (1)高速; (2)bulk 模式可靠传输; (3)内核驱动保证实时性; (4)多线程技术保证

用户响应。

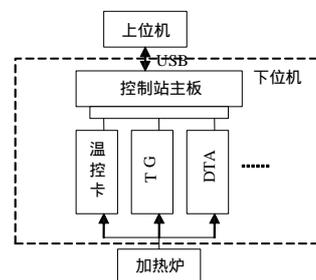


图 1 热分析仪器组成

2 上位机软件设计与功能

上位机软件进行数据处理、显示以及热力学计算。上位机的整体结构如图 2 所示, 该软件通过 USB 和下位机进行交互, 并提供实验操作者使用界面。

上位机软件设计采用面向对象模块化设计, 提高了软件的健壮性, 提升了关键组件的可复用性和易于扩充的能力。图 2 中所有模块都有抽象类和具体类, 实例化具体类得到的对象间动态交互, 使上位机软件结构清晰。

上位机主要功能包括以下部分: 对下位机进行身份识别, 根据操作者的要求, 向下位机发送各种命令, 接收下位机送来的温度和重量数据, 对收到的试验数据进行实时滤波和事后滤波处理, 对温度数据进行居里点校正, 对重量数据进行基线扣除, 根据用户要求显示重量、温度、TG 或者 DTA 曲线, 进行动力学参数的计算, 试验报告打印输出, 数据存取

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60173027)

作者简介: 钟洪钧(1976 -), 男, 硕士生, 主研方向: 嵌入式数据库, 信息知识工程; 胡运发, 教授、博导

收稿日期: 2006-03-13 **E-mail:** zhonghjsmile@hotmail.com

和历史数据打开。

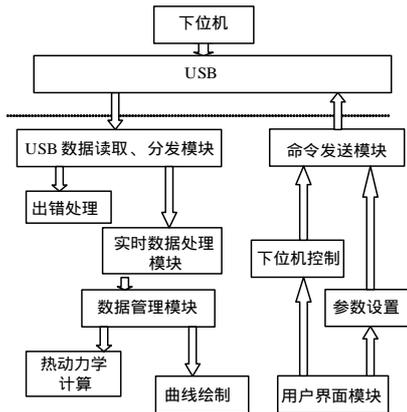


图2 上位机整体结构

3 上位机数据管理及处理

传统的商用数据库由于要支持高性能的联机事务处理(OLTP)，复杂的查询处理而异常复杂，系统开销太大，因此不适用于智能化虚拟仪表的要求。嵌入式数据库系统可以做到易于维护、健壮和低运行开销。目前流行的嵌入式数据库可以做到驱动内核小于500K，能够满足智能化仪表的要求。

3.1 嵌入式数据库选择要求

(1) 用户视角

1) 自主性。传统由数据库管理员承担的任务必须被自动执行，这些任务包括：日志管理，备份，数据压缩和重组，自动快速恢复，重新初始化。

2) 透明化。要求数据及时备份和恢复，不需要用户参与，避免用户感觉到这些任务的执行。当出现数据库系统需要完全重新启动时，要做到不需要系统重新启动，只需要嵌入式数据库重新初始化并恢复到原来状态。

(2) 开发者视角

1) 低开销，小内核。设计者不用担心嵌入式数据库对系统性能的影响。

2) 与应用程序紧密结合的调用接口。必须对常用编程语言的调用接口。

3) 可伸缩的配置。有些关键数据处理需要事务管理支持，而有些则不需要事务管理支持，要求快速处理数据。

3.2 利用 Berkeley DB 开源的嵌入式数据库存取数据

Berkeley DB是Sleepycat软件公司开发的一种开放源码的嵌入式数据库。它为数据访问和管理提供了简单函数调用接口，支持主流编程语言^[3]。智能化热分析仪需要低开销、高性能的数据管理服务，应用嵌入式数据库技术可以获得比传统数据库更高的性能。Berkeley DB是一个简单的基于磁盘文件的数据库系统，这样不仅可以避免安装庞大的数据库服务器，而且还可以简化数据库应用程序的设计。

(1) 数据库的打开和关闭

为了方便使用，把数据库打开和关闭操作封装到一个数据库类中。例如在类的构造函数中打开指定路径和名称的数据库，在析构函数中关闭这个数据库。把数据库的句柄和状态声明为私有进行保护，提供公有的访问函数进行读取。当需要访问数据库时，只需要将这个数据库类实例化，而不必关心打开和关闭数据库的实现细节。

```
// File: MyDb.hpp
#include <db_cxx.h>
class MyDb
{public:
```

```
// 构造函数需要传递路径和数据库名
MyDb(std::string &path, std::string &dbName);
// 析构函数调用关闭数据库方法
~MyDb() { close(); }
inline Db &getDb() {return db_;}
private:
    Db db_;
    std::string dbName_;
    u_int32_t cFlags_;
    // 把缺省构造函数声明为私有，避免其他对象调用
    MyDb(): db_(NULL, 0) {}
    // 私有的关闭数据库函数
    void close();};
```

Berkeley DB 是两元的数据库设计，即数据都是以键值-数据(Key-Data)的格式存取。如何把需要存储的多维数据映射到多个这种两元的结构，成为设计的关键。

对于简单查询，在打开数据库后，用 Db::cursor()方法获得该数据库的游标(Cursor)，利用游标类的 Dbc::get()方法按指定方式访问数据记录(键值-数据对)；访问完成后不再使用游标时，需要调用 Dbc::close()方法关闭游标。

(2) 索引方式

Berkeley DB 支持在主数据库上建立索引。对需要建立索引的项创建一个附属于主数据库的关联数据库。除了下述2个差别外，关联数据库采用和主数据库类似的打开和关闭方式：必须把关联数据库用 DB::associate()方法与主数据库联系起来；关闭数据库时，先关闭关联数据库，后关闭主数据库。这种可以附属多个关联数据库到主数据库的机制，为我们提供了建立多个索引的可能。

(3) 复杂的查询和更新

对于涉及多个索引的复杂查询和更新操作，Berkeley DB 多游标(Cursor)连接操作。为了创建一个连接游标(join cursor)需要如下步骤：

- 1) 打开与主数据库联系的多个关联数据库的游标；
- 2) 把需要各个关联数据库游标定位到需要查询的键值对应处；
- 3) 建立一个需要连接的关联数据库游标的数组，并把前述的游标放在数组中；
- 4) 用 Db::join()创建一个连接游标，创建时需要把关联数据库游标的数组作为参数传递；
- 5) 反复读取或修改连接游标所指数据，直到匹配的数据集被处理完成；
- 6) 关闭连接游标及所用到的关联数据库游标。

3.3 数据库模式设计

综合热分析仪的数据管理分为两类：一是每次试验的采样数据，二是关于这次试验的描述信息，例如：时间，操作人员，样品名，试验参数等。相对应设计两个主数据库：采样数据数据库(sample_data.db)和采样设定数据库(sample_setting.db)。两个数据库都用每次试验时的时间值为主键(Key)，例如在2005年12月18日13点30分20秒进行的试验，可以表示为20051218和133020的2个长整数，一起作为该次试验标识来连接2个主数据库。

在采样设定数据库上建立多个索引，例如操作人员索引、样品名索引、试验种类索引等。为每个索引建立关联数据库，与主数据库建立联系。为了方便使用，把打开关联数据库和建立联系的程序封装在前面数据库类的继承类中。在继承数据库类中设计多索引查询方法，方便其他对象调用。

4 虚拟仪表的数据分析和试验结果

虚拟仪器的优势之一就是利用高效软件对曲线的分析处理。综合热分析仪的处理软件主要分为2大类:对热重(TG)的分析和对差热(DTA)的分析。利用分析软件的数据管理和处理能力,不仅可以对单曲线进行常规分析、F-C分析,还可以对多次试验的数据进行Ozawa分析等高级分析。

Ozawa分析(Flynn-Wall-Ozawa方法)是无模式法(model-free methods)中的一种多重加热速率下的等转化率法,该方法在计算反应活化能E时精度和稳定性较好^[4]。

$$\lg \beta = \lg \frac{AE}{Rg(\alpha)} - 2.315 - 0.4567 E / RT$$

其中, β 为升温速率, α 为转化率。取不同 α 下曲线的求出各处之温度 T, 作 $\lg \beta \sim 1/T$ 图, 由斜率求出反应活化能 E。

F-C分析(Freeman-Carroll)是一种利用单根曲线的不等温微商法。设 $f(\alpha) = (1-\alpha)^n$, 其中 α 是转化率, n 是反应级数。动力学方程微分式取对数, 再用差值表示, 则有

$$\frac{\Delta \lg(d\alpha/dT)}{\Delta \lg(1-\alpha)} = n - \frac{E}{2.303R} \frac{\Delta(1/T)}{\Delta \lg(1-\alpha)}$$

取转化率 α 和对应温度 T 作图, 由斜率求出反应活化能 E; 由截矩求出反应级数 n。

如果把Ozawa和F-C分析方法结合使用, 效果更好, 可以验证分析结果的可靠性。即用Ozawa计算得到的活化能E值验证F-C分析方法得到的活化能E值, 进而确认了反应级数n的准确性。利用标准样品检验综合热分析仪, 试验结果符合国家标准, 具体数据如表1。

表1 标准样品外延起始点/活化能E的试验结果对照表

样品名称	In	Sn	Zn	Ag
国家标准	156.6	231.9	419.6	961.9
(mol/KJ)	28.47	59.57	111.27	100.6
试验值	156.3	232.1	419.3	962.1
(mol/KJ)	28.86	60.13	110.89	100.9

对热分析的常规分析则比较简单, 图3上部示意的是TG常规分析, 下部是DTA常规分析。

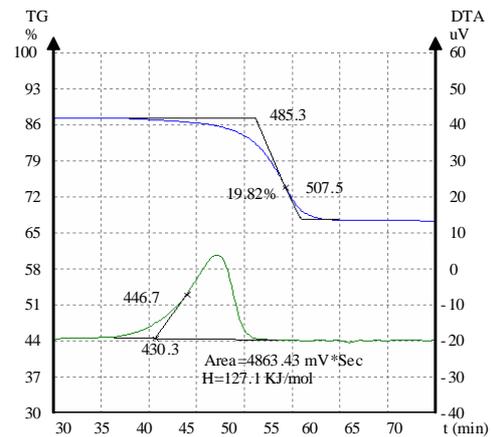


图3 草酸钙试验结果分析举例

5 小结

本研究系统以虚拟仪器技术为主要手段, 利用先进的计算机技术来改进发展原有仪器系统, 实现了测试准确可靠、操作简化、维护方便、成本低廉的智能化先进仪器。通过多次实验证明, 在操作方便、界面友好以及分析准确性等各方面比一般热分析系统要好。在虚拟仪器环境下实现智能测试分析方法的集成, 降低了仪器系统功能变更和功能扩展的难度和费用, 缩短了开发周期, 为仪器测试、分析和控制的快速实现和升级提供了条件。嵌入式数据库的引入使仪器系统具备自主数据管理能力, 拓展了仪表系统内涵。

参考文献

- 1 美国NI公司. 虚拟仪器技术综述[Z]. 2005.
- 2 Seltzer M, Olson M. Challenges in Embedded Database System Administration[Z]. <http://www.sleepycat.com>.
- 3 刘巍巍, 徐成, 李仁发. 嵌入式数据库 Berkeley DB 的原理与应用[J]. 科学技术与工程, 2005, 5(2): 86.
- 4 胡荣祖, 史启祯. 热分析动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(上接第233页)

务受理信息、业务查询信息等。数据库作为CCS的后台部分, 可以开发管理统计系统, 进一步完善呼叫中心系统, 使其更好地与CRM相融合。

数据库部分采用ADO连接SQL Server 2000数据库。ADO(ActiveX Data Object)是一种优化的访问数据库的连接机制, 它可以作用于服务器端, 存取各种关联数据。对属于Microsoft系列的数据库, ADO通过ODBC的方法同数据库接口相连。对于采用C++ Builder 6.0进行编程的本系统, 由于C++ Builder 6.0的ADO控件封装了ODBC, 因此可以通过ADO数据对象来访问数据库。

本设计中C++ Builder 6.0与SQL Server数据库连接的部分程序代码如下:

```
__fastcall TDM::TDM(TComponent* Owner): TdataModule
(Owner)
{
    char Name_Com[MAX_COMPUTERNAME_LENGTH+1];
    DWORD Size_Com=MAX_COMPUTERNAME_LENGTH+1;
    char DS_Name[MAX_COMPUTERNAME_LENGTH+200];
    if(GetComputerName(Name_Com,&Size_Com))
    {
        StrCopy(DS_Name, "Provider=SQLOLEDB.1; IntegratedSecurity
=SSPI; Persist Security Info=False; Initial Catalog=ZYF_CallCenter;
Data Source=");
```

```
StrCat(DS_Name,Name_Com);
```

```
}}}
```

4 结论

本文基于分层化、模块化思想设计的呼叫中心系统, 经调试运行状态良好, 程序简洁、容易扩展。此外, 改进的排队模型对呼叫中心服务质量与效率权衡问题的解决具有重要意义。

参考文献

- 1 Ger K, Mandelbaum A. Queueing Models of Call Centers: An Introduction[J]. Annals of Operations Research, 2002, 113: 41-59.
- 2 Jongbloed G, Koole G M. Managing Uncertainty in Call Centers Using Poisson Mixtures[J]. Applied Stochastic Models in Business and Industry, 2001, 117(3): 307-318.
- 3 Gans N, Koole G, Mandelbaum A. Telephone Call Centers: a Tutorial and Literature Review[Z]. <http://www.cs.vu.nl/obp/callcenters/review.pdf>.
- 4 东软软件电力事业部. 全媒体电力呼叫中心[N]. 计算机世界报, 2001-12-14(48).
- 5 宋俊德. 我国CTI、呼叫中心和CRM技术的发展和运用[J]. 电信科学, 2001, 17(10): 23-24.

