

· 电路与控制 ·

嵌入式 SQLite 在温湿度巡检仪中的应用

廖一鹏

(福州大学物理与信息工程学院, 福建 福州 350108)

摘要: 在基于 ARM 和 WinCE 操作系统的嵌入式平台上集成了小型的 SQLite3 数据库系统, 构成烤烟房温湿度巡检仪. 介绍了巡检仪的系统结构、SQLite3 数据库的特点及其在 WinCE 平台移植的过程, 并详细分析了 SQLite3 数据库在巡检仪中的具体应用. 试验结果表明, 该应用取得了良好的效果, 实现了烤烟房烘烤温湿度数据的可存储和管理, 并得出烟叶烘烤的温湿度工艺曲线, 为后续智能控制准备了条件.

关键词: SQLite; 嵌入式; WinCE; 巡检仪

中图分类号: TN702

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)05-0061-04

Application of Embedded SQLite in Inspection Instrument of Temperature and Humidity

LIAO Yi-Peng

(College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: The inspection instrument of temperature and humidity for Fluo-curing Barn was designed based on ARM and WinCE operation Platform with the small embedded database called SQLite3. The system structure for the inspection instrument, the characteristic and the detailed process of porting in WinCE platform of SQLite3 were introduced. The specific application of SQLite3 database in the inspection instrument was analyzed in detail. Experimental results show that the application of SQLite3 achieved a good result, the temperature and humidity data can be savable and manageable, and the technical curve of temperature and humidity during the process of drying tobacco was obtained which prepare the conditions for follow-up steps.

Key words: SQLite; ; embedded system; WinCE; inspection instrument

目前烟草行业在我国的经济中占有重要的地位, 烟草税收成为我国财政收入的主要来源. 在烟叶烘烤过程中, 温湿度会直接影响烟叶生产的质量, 监控烤烟房内的温度和湿度是一个重要环节. 但大多数烟农基本上是凭借个人经验操作的, 这种传统的人工监守烤烟房温度和湿度的方式, 不能精确地控制烤房内的温湿度, 烤出的烟叶工业利用率较低. 近年来, 市场上也陆续出现了基于 PC 机控制的烤烟房温湿度检测系统, 但这种系统成本高, 可移动性差. 随着嵌入式技术的广泛应用, 采用嵌入式设备对

烤烟房温湿度进行检测, 减少人工干预, 已成为烤烟技术发展的一个必然趋势.

鉴于嵌入式数据库 SQLite3 具有自身短小、接口多、易移植、源代码可读及免费等众多优点, 在文中设计的烤烟房温湿度巡检仪中就采用了在基于 ARM 的 WinCE 平台上应用 SQLite3 数据库来存储和管理数据, 可进行温湿度数据的曲线拟合和显示, 并可导出数据, 为后续智能控制准备了条件.

收稿日期: 2010-08-10

基金项目: 福州大学科技发展基金资助项目(2010-XQ-29)

作者简介: 廖一鹏, 男, 福建泉州人, 硕士, 主要从事嵌入式系统开发、图像处理与模式识别的研究.

1 巡检仪的系统结构

烤烟房巡检仪硬件部分由 ARM9 主控模块及外围接口电路、数据采集转接板和采集点组成。主控部分是基于 ARM9 S3C2440 处理芯片,ARM9 控制系统通过总线连接 LCD、触摸屏、SDRAM、FLASH 存储芯片和 USB 接口等。数据采集转接板通过 485 总线连接 28 个采集点,可对 28 个烤烟房进行数据采集,处理器通过 UART 连接数据采集转接板实现对 28 路温湿度的巡检,出现数据采集异常时驱动蜂鸣器声音报警。通过 LCD 和触摸屏实现用户交互处理,最终的数据通过 USB 接口导出到 U 盘。系统基本结构如图 1 所示。

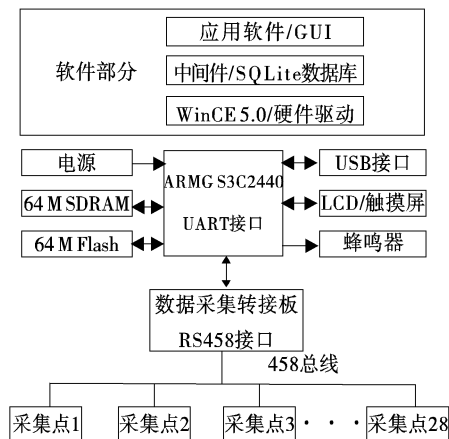


图 1 系统基本结构图

巡检仪软件系统可分为应用层、中间件及数据库层、操作系统及硬件驱动层 3 个部分。应用层实现系统功能和人机交互界面。数据库系统对上层提供高效的查询、检索、存储,对下层通过调用操作系统 API 函数,实现物理级数据库存储在物理介质上。WinCE 5.0 操作系统和硬件驱动实现软硬件资源的统一调度管理。

2 SQLite 数据库技术研究

SQLite 是 D. Richard Hipp 开发的一个基于 C 库的轻量级嵌入式关系数据库引擎^[1]。支持多表和索引、事务、视图、触发和一系列的用户接口及驱动,提供 POSIX 接口以适用多数操作系统,并且支持全文搜索功能。通过标准化的层次结构设计,实现了完备的数据库引擎功能。现在已经发展到了 SQLite3

版本。

2.1 SQLite3 的特点

SQLite3 主要特点包括^[2]:

- (1) 无需安装,零配置,通过 API 函数直接访问数据库;
- (2) 事务处理是原子的、一致的、孤立并持久的;
- (3) 实现了绝大部分的 SQL92 标准;
- (4) 独立磁盘文件存储一个完整的数据库,支持数据库文件大小 2 TB;
- (5) 字符串和日志大小可达 2 GB;
- (6) 代码量小,小于 250 kB 代码,可优化到小于 150 kB,非常适合嵌入式设备。

2.2 SQLite3 在 WinCE 平台下的移植

SQLite 没有提供针对 WinCE 系列平台统一的工程配置文件,需要根据不同平台自己创建工程^[3]。这里以 VS2005 为例介绍 SQLite3 在 WinCE 5.0 平台的移植流程。

第一步:下载 SQLite3 WinCE 相关库文件和源代码

从 www.sqlite.com.cn 网站下载 `sqlite3.dll`, `sqlite3.lib`, `sqlite3.h` 文件和 `sqlite3` 的封装 `CppSQLite3U`。

第二步:将 SQLite3 加入项目工程

将 `sqlite3.lib`, `sqlite3.h`, `CppSQLite3U.h` 及 `CppSQLite3U.cpp` 拷贝到工程目录下,并添加到工程中,在链接设置添加 `SQLite3.lib`。

第三步:应用程序配置

在应用程序中添加 `#include "CppSQLite3U.h"`,并将 `sqlite3.dll` 拷贝到嵌入式平台中与应用程序的同一目录。

做完以上三步,就可以在 WinCE 5.0 平台上进行 SQLite3 应用程序的开发调试。

2.3 SQLite3 的开发技术

本设计主要使用 `CppSQLite3U` 封装进行 SQLite3 的应用开发, `CppSQLite3U` 是对 SQLite3 原有纯 C 的 api 进行 C++ 的封装^[4]。 `CppSQLite3U` 提供了标准的 API 接口,使得对数据库的操作十分简单,主要是对 `open()`, `close()`, `execDML` (SQL 语句), `execQuery` (SQL 语句) 等 API 函数的调用,基本上能完成大部分功能。

3 SQLite 在巡检仪中的应用开发

系统的数据交互逻辑如图 2 所示. 与数据库进行数据交互的主要模块是: 数据采集与处理模块、限制设置与查看模块、历史数据查询与曲线显示模块、U 盘数据导出模块等. 限值设置与查看主要用于设置各通道超限报警的温湿度值, U 盘数据导出用于导出理想的工艺曲线数据作为后续控制的条件, 本节主要讨论采集数据的存储与历史数据查询.

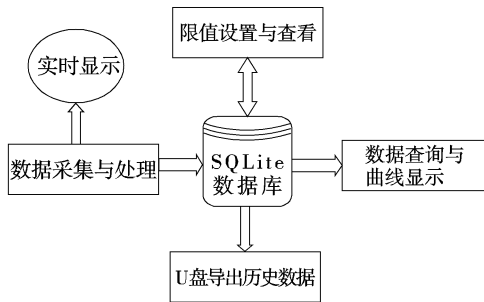


图 2 数据交互逻辑图

3.1 采集数据的数据库存储

数据采集转接板通过 485 总线对 28 路的烤烟房温湿度进行数据采集, 采集到的数据通过 UART 接口提供给 ARM 处理器分析、处理和存储. 系统每 1 s 采集一次数据并实时显示, 每 15 min 求一次平均值, 然后将平均值存入 Sqlite 数据库的数据表中. 在数据库文件中建立 28 张表, 分别为 chan1, chan2, chan3, ..., chan28, 来存储 28 路的温湿度数据. 为方便历史数据按小时时间查询, 各表的字段格式定义如下:

```
chan1(time integer(20), wen0 FLOAT(8), shi0 FLOAT(8), wen1 FLOAT(8), shi1 FLOAT(8), wen2 FLOAT(8), shi2 FLOAT(8), wen3 FLOAT(8), shi3 FLOAT(8));
```

time 字段代表存储的小时时间, 其他字段依次为每 15 min 存储的温湿度平均值数据, 精确到小数点后一位. 烘烤开始前先对 kfxj.db 数据库中的各数据表初始化, 烘烤过程中每 15 min 调用 db.execDML(更新数据的 SQL 语句) 函数对温湿度平均值 value1 和 value2 进行存储, 主要操作代码如下:

```
...
CppSQLite3DB db;
db.open(L"\\FlashRAM\\kfxj.db"); //打开数据库
...
if(db.tableExists(table)) //判断数据表 table 是否存在
```

```

{
switch(minute) // minute 为分钟时间
{ case 15:
{ db.execDML(L"update " + table + L" set wen0 = " + value1 + L", shi0 = " + value2 + L" where num = " + hour + L");
break; } // 更新 table 表中, hour 时间 15 分钟处的温湿度数据 case 30:
{ db.execDML(L"update " + table + L" set wen1 = " + value1 + L", shi1 = " + value2 + L" where num = " + hour + L");
break; } // 更新 table 表中, hour 时间 30 分钟处的温湿度数据
case 45:
{ db.execDML(L"update " + table + L" set wen2 = " + value1 + L", shi2 = " + value2 + L" where num = " + hour + L");
break; } // 更新 table 表中, hour 时间 45 分钟处的温湿度数据
case 60:
{ db.execDML(L"update " + table + L" set wen3 = " + value1 + L", shi3 = " + value2 + L" where num = " + hour + L");
break; } // 更新 table 表中, 时间整点处的温湿度数据
}
}
...
db.close(); //关闭数据库
...

```

3.2 历史数据查询与曲线显示

历史数据查询与曲线显示是此巡检仪的最主要功能, WinCE 下采用 VS2005 开发工具, 借助 MFC 编程开发系统的 GUI 界面, 历史数据查询界面如图 3 所示, 左边为参数输入编辑框, 右边为嵌入式软键盘. 历史数据与曲线显示界面如图 4 所示, 利用 ClistCtrl 列表控件编程, 显示查询数据表所得的时间、温度和湿度. 使用 C2Dgraph 类进行曲线拟合显示^[5], 曲线窗口 X 轴显示数据采集时间, Y 轴显示温湿度数据值, 红色曲线代表温度变化趋势, 绿色曲线代表湿度变化趋势. 在三段式烟叶烘烤过程中^[6], 温度的变化范围是 30~80 °C, 湿度的变化范围是 20~50 °C, 为了分辨显示, 特设温度 Y 坐标为 0~80 °C, 湿度 Y 坐标为 20~100 °C, 以避免两曲线交叉.

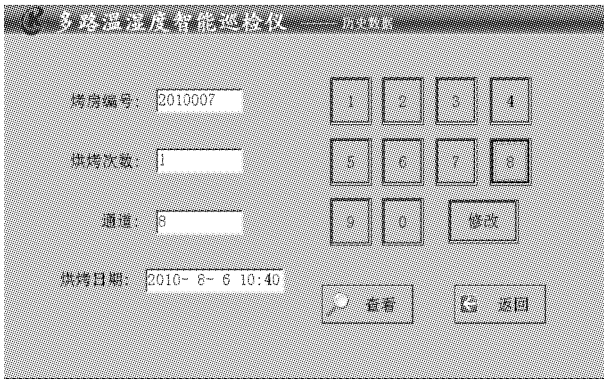


图 3 历史数据查询输入

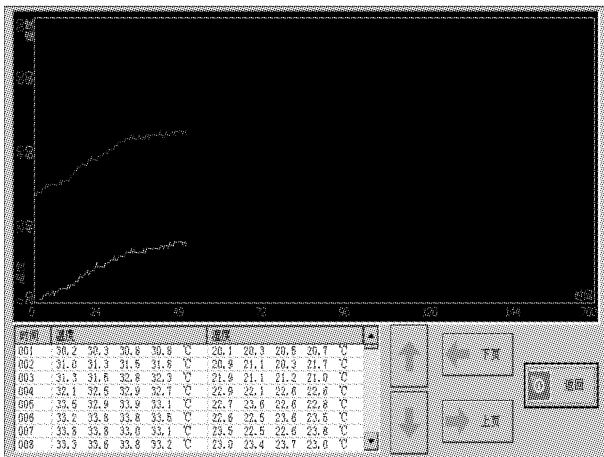


图 4 历史数据与曲线显示界面

在进行历史数据查询及曲线显示时,主要采用循环调用 db.execQuery(SQL 查询语句)函数得到每个小时的 4 组温湿度数据,然后调用 C2Dgraph 的 AppendPoint 把各数据加入曲线链表节点,进行曲线拟合,同时把数据显示在列表框中.实现的部分代码如下:

```

...
C2DGraph m_2DGraph; //二维曲线对象
CppSQLite3DB db;
db.open(L"\\FlashRAM\\kfxj.db"); //打开数据库
...
CppSQLite3Query q = db.execQuery
(L"select * from " + table + L" where time = " + hour +
L""");
//获取 hour 时间的 4 组温湿度数据
NumStr1 = q.fieldValue(L"wen0"); //取出第一组的温
度数据
NumStr2 = q.fieldValue(L"shi0"); //取出第一组的湿度
数据
DWORD tnum = _wtoi(NumStr1); //温度数据转换为
Y 坐标值

```

```

DWORD snum = _wtoi(NumStr2); //湿度数据转换为
Y 坐标值
m_2DGraph.AppendPoint(tnum,snum); //加入曲线链
表节点;
... //取出第二,三,四组数据...
db.close(); //关闭数据库
...

```

4 试验结果

本次试验在福建南平进行,烘烤设备采用普通自然通风气流上升式烤房.根据当地传统烘烤工艺,在三段式烟叶烘烤过程中,温度控制曲线要求:第 1 段温度范围为 30~45℃,湿度范围为 20~32℃,时间为 35~48 h;第 2 段温度范围为 45~58℃,湿度范围为 35~40℃,时间为 40~50 h;第 2 段温度范围为 58~75℃,湿度范围为 40~50℃,时间为 36~50 h.利用该巡检仪对某烤烟房在第 1 阶段的温湿度测量进行了测试,根据实际检测的数据得出烟叶烘烤温湿度工艺曲线如图 3 所示,温度测试结果分析如表 1 所示,误差在预测范围内.

表 1 温度测试结果分析

测试时间 /(h)	温度计测量 /(℃)	巡检仪测试 平均值/(℃)	测量误差 /(℃)
2	31	31.4	+0.4
8	33	33.5	+0.5
14	38	37.7	-0.3
18	40	40.5	+0.5
21	41	40.8	-0.2
26	43	43.5	+0.5
30	44	43.7	-0.3
37	44	44.4	+0.4

5 结束语

嵌入式数据库 SQLite3 在烤烟房温湿度巡检仪的应用取得了良好的效果,实现了烤烟房烘烤温湿度数据的可存储和管理.此巡检仪已在福建南平投入试用.试验结果证明,基于 SQLite3 数据库的温湿度巡检仪可以实时可靠地检测烘烤房的温度和湿度,操作简单方便,测量数据准确,所得的烘烤温湿

(下转第 79 页)

$$P = \xi \times a$$

$$\xi = (\xi_x \times \xi_y) \quad (10)$$

式中: P 为导弹受干扰后对目标的杀伤概率; a 为不加干扰时导弹对目标的典型杀伤概率; ξ 为导弹干扰后与干扰前导弹对目标的杀伤概率比值; ξ_x 为导弹干扰后与干扰前在 x 方向的杀伤概率比值; ξ_y 为导弹干扰后与干扰前在 y 方向的杀伤概率比值.

$$\text{干扰成功率} = 1 - P$$

因此,成像系统受干扰后成像系统图像上饱和像元数量占整个图像像元数量的百分比 A 与干扰成功率之间的关系如图3所示.

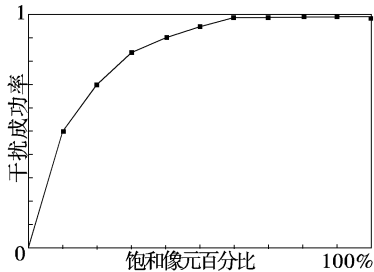


图3 饱和像元数量占整个图像像元数量的百分比 A 与干扰成功率之间的关系图

2 成像制导武器干扰效果判别准则

干扰效果等级是指:根据评估指标量值大小对被干扰对象性能或完成规定任务的能力影响程度,确定出的干扰无效、有效或一级、二级、三级等用以表征干扰效果达到不同程度的量化等级,以及与各等级相对应的评估指标量值^[2].

对于不同的干扰对象,有不同的干扰效果评估

指标,也就有不同的干扰效果等级和不同的干扰效果评估准则.

对成像制导武器干扰效果判别准则如下:

按通用干扰等级判别标准,对成像制导武器的干扰效果由弱到强划分为以下4个干扰级别:

(1)成像制导武器干扰成功率为 $0 \sim 0.18$, 为一级干扰;

(2)成像制导武器干扰成功率为 $0.19 \sim 0.45$, 为二级干扰;

(3)成像制导武器干扰成功率为 $0.46 \sim 0.72$, 为三级干扰;

(4)成像制导武器干扰成功率为 $0.73 \sim 1$, 为四级干扰.

3 结束语

与其他电子干扰效果评估方法的研究相比,目前对成像干扰效果评估方法的研究还很不充分,评估方法还不成熟,加之成像干扰效果评估所涉及的专业面很宽,情况比较复杂,有许多理论和技术问题需要更加深入研究和探索.文中采用的方法是从被干扰对象的角度出发,以干扰成功率的大小为依据,提出成像制导武器干扰效果判别准则,判别方法较为简单直观,可以应用于对成像制导武器的干扰效果评估.

参考文献

(上接第64页)

度工艺曲线,可作为下一步智能控制的预设曲线.

参考文献

- [1] 倪天龙,张贤高.数据库 SQLite 在嵌入式系统中的应用[J].微计算机信息,2005(10):35-37.
- [2] 胡伟.SQLite 在嵌入式系统上的实现研究.计算机与数字工程[J],2009(2):46-47.

- [1] 万维明.概率论与数理统计[M].北京:机械工业出版社.

- [2] 高卫,黄惠明,李军.光电干扰效果评估方法[M].北京:国防工业出版社.

- [3] 刘祥,邓中亮,吴巍荪.SQLite3 在基于 WinC E 平台的智能移动终端的应用[J].工业控制计算机,2009(3):19-20.

- [4] <http://www.sqlite.com.cn>

- [5] 汪兵.Windows CE 嵌入式高级编程及其实例详解[M].中国水利水电出版社,2008.

- [6] 张伟,戈振扬.烤烟房温湿度无线数据采集系统[J].计算机工程,2010(3):240-242.