

# 基于 XML 文件组织的嵌入式监控组态软件设计<sup>①</sup>

桑 静<sup>1</sup>, 王宜怀<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(扬州市职业大学, 扬州 225009)

<sup>2</sup>(苏州大学 计算机科学与技术学院, 苏州 215006)

**摘 要:** 为了实现监控组态软件对所有监控记录的存储、管理和报警等功能, 弥补终端设备无法存储大量记录的缺陷, 在分析 XML 文档存取与解析的基础上, 提出了一种软件层次清晰、使用 XML 作为数据中心格式、对操作系统无依赖的嵌入式组态监控软件的总体设计方案。该方案主要阐述了 XML 文件的组织方案、上位机监控组态控制平台的数据库设计、组态控制及网络通信中发送与接收数据包的设计与实现, 并通过大量充分测试, 表明了该方案的可行性和有效性。

**关键词:** 监控组态软件; XML 文件组织; 网络通信协议; 实时数据库

## Design of Embedded Control Configuration Software Based on XML File Organization

SANG Jing<sup>1</sup>, WANG Yi-Huai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Yangzhou Polytechnic College, Yangzhou 225009, China);

<sup>2</sup>(School of Computer Science & Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China)

**Abstract:** The control configuration software with the abilities of storage, managing all monitor records and alarm suffered from the limited memory that cannot storage large number of records. A new design scheme of embedded control configuration monitoring software using XML as a data center format, independence on the operating system and with the apparent hierarchy of the software was developed based on the analysis of the XML document parsing and accessing. The design framework involved the organization of XML file, the design of database of PC monitoring configuration control platform, the configuration control and the realization of the packets transmitting and receiving. A large number of experiments showed that the scheme was feasible and effective.

**Key words:** monitor; Configuration software; XML file; real-time database

### 1 概述

监控组态软件是面向监控和数据采集(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)的软件平台工具, 它具有丰富的设置项目, 使用的方法灵活且功能强大<sup>[1-3]</sup>。随着工业自动化水平的迅速提高, 人们对工业自动化的要求越来越高, 种类繁多的控制设备和过程监控装置在工业领域的应用, 使得传统的工业控制软件已无法满足用户的各种需求<sup>[4]</sup>。为了克服传统工业控制软件柔性差, 开发周期长, 不易维护, 重复使用率低且价格昂贵等缺点, 工业监控组态软件的研究与开发受到了广泛的重视。

文章结合组态软件的方法, 从实际应用出发, 采用 XML(Extensible Markup Language, 可扩展置标语言)文本档方式对数据进行存取, 以 Windows 操作系统为开发平台, 以 Microsoft Visual Studio 2005 为开发环境, 以 C#为编程语言, 在参考国内外成熟组态软件的基础上, 采用了 Freescale 半导体公司的 32 位 ColdFire 系列芯片 MCF52233, 设计了一个嵌入式监控组态软件。该软件可以完成对嵌入式设备的远程监测和控制, 并能完成数据的显示、管理和保存等任务, 在通用计算机上实现友好的人机配置界面等功能, 具有一定的技术先进性与现实意义。

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-06-27;收到修改稿时间:2012-08-15

## 2 XML文档方案分析

随着 Web 的广泛使用, HTML 缺乏扩展性, 定义比较模糊、交互性差, 只能给出所处理对象的显示信息, 而没有给出描述对象的其他属性信息等缺点, 使其越来越不适应 Web 应用日益深入发展的需要<sup>[5]</sup>.

针对 HTML 的局限性暴露出来的缺点, 本文选择了 XML 文件存取格式. 该格式最大优点是适合在网络上发布和数据交换, 且方便程序员查看与理解<sup>[6,7]</sup>.

由于设计时并没有涉及到复杂的数据库系统, 系统在功能上仅需要实现数据交互以及数据浏览, 故选用了 XML 文档对系统变量、界面组态等进行描述及信息传递.

XML 文档的解析是通过 XML 解析器来实现的. XML 解析器具有基于 DOM 和 SAX 之分, 不同的解析器对文档有不同的处理方式<sup>[8-9]</sup>. DOM 解析器给用户提供了一个操作文档接口, 可以建立层次化的文档内容数据结构; SAX 解析器通过事件驱动, 进行串行方式的文档处理. 系统设计时, 数据的交互过程, 不仅需要浏览文档的内容, 还需要对 XML 文档的节点进行创建、查找、删除和修改等操作. 根据以上需求, 系统采用了微软公司提供的基于 DOM 的 XML 文档解析器 MSXML.

## 3 总体设计

组态监控软件系统包括开发环境和运行环境两大部分. 开发环境主要通过上位机的运行环境实现数据的监视和控制, 并实现监控软件以及测控设备的组态; 运行环境由实施监测、控制等操作的监控和测控软件构成. 如图 1 所示为组态监控系统软件总体结构. 由下图可见, 组态软件是整个系统的开发环境, 包括监控软件编辑器、嵌入式设备编辑器、监控组态结果文件和嵌入式设备编辑文件组成, 具有配置监控软件和嵌入式设备的组态功能. 监控组态结果文件由监控软件的后台运行器线程解释执行, 设备上电运行时, 通过特定的通信接口, 将配置文件下载到嵌入式设备内的只读存储器 Flash 中, 通过上位机上开发环境和运行环境之间的组态和执行, 由运行于嵌入式实时内核的组态解释引擎读取这些配置信息, 并实时地解释, 以满足具体的设备测控和远程监控需求. 监控软件是系统的运行环境, 包括数据库管理、功能界面模块和网络通信模块三个部分. 其主要功能是完成对嵌入式设

备的远程监测和控制、完成数据的显示、保存、查询和管理等任务.

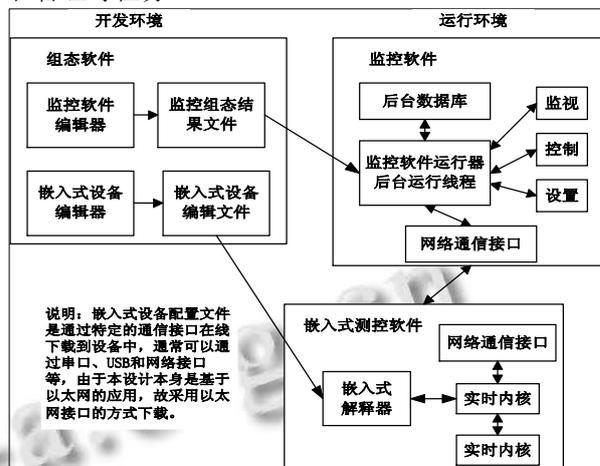


图 1 组态监控系统软件结构

## 4 系统软件的组态设计

### 4.1 XML 文件的组织设计

监控软件使用的 XML 文件有设备配置信息文件、设备总列表文件、监控软件配置文件; 组态软件使用的 XML 文件是嵌入式设备配置文件.

设备配置信息文件包含设备的详细信息数据和配置的资源信息数据. 设备配置信息文件隶属与 <DevConfig> 根节点, 在此根节点下还有 <ChannelInfo>、<DevInfo> 两个子节点, 分别于测控终端的控制通道信息和设备基本信息相对应. <ChannelInfo> 节点又派生出 4 个子节点: <ADInfo>、<SwitchOutInfo>、<PWMInfo>、<SwitchInInfo> 等. <ADInfo> 节点同样也包含若干子节点, 其它三者与之类似类似, 对应于用户配置的资源; <DevInfo> 的子节点包括设备 ID、名称、IP、和端口等节点.

设备总列表文件是组态用户所添加的设备名称的集合, 为了便于用户操作, 监控软件启动后直接读取文件动态生成设备节点的下拉菜单. 设备总列表文件的根节点用 </DeviceList> 和 <DeviceList> 表示, 其子节点集合包含所有的设备结点的名称, 监控软件初始化时对总列表进行遍历可读出所有设备名称.

监控软件配置文件包含主界面信息和帮助页面信息等. 根节点是 <PCConfig>, 子节点有 <MainFrmConfig>、<AboutMeFrmConfig> 等. <MainFrmConfig> 包含主窗体图标、名称及背景图片三个子节点. <AboutMeFrmConfig> 包含字体名称、大小、颜色信息、背景

图片信息和说明信息子节点。

嵌入式设备配置文件设计为树型结构，详细保存了设备的配置参数，在组态软件从嵌入式设备下载配置参数时使用。

#### 4.2 网络通信协议设计

系统的通信包括两种类型：监控软件与嵌入式软件之间的通信、组态软件与嵌入式软件之间的通信。从协议的角度上看，这两种类型的通信可直接视为监控软件与嵌入式软件的通信。监控组态软件以监控组态主动发送请求，控制器被动应答的方式，通过 TCP/UDP 通信获取各类测控终端的监控数据，为了避免向未接入网络的测控终端重复发送请求，系统在通信协议设计中加入了应答机制，以实现数据包的确认。当组态监控软件发送的数据包需要有应答数据返回时，测控终端就会回送监控软件请求的数据；如果发送的是不需请求回送的数据包，终端也会将收到的数据全部返回，实现包的确认。

##### (1) 组态监控软件发送的包格式

监控组态软件发送给测控终端的数据包格式如图 2 所示。该数据包包含帧头、命令字符、数据长度、数据内容、或校验码和帧尾等字段。数据帧的帧头都为“Q”，数据帧的帧尾都为“E”；命令字符是 3 个字节，不同的命令对应于不同的操作。对于不同的命令，数据内容有所不同，数据长度为整个数据包的字节数，如：N=72：8\*5 字节模拟量输入通道对应的输出通道配置，+8\*4 字节开关量输入通道对应的输出通道配置；异或校验码对此字段前所有字节进行异或的结果。

帧头	命令	数据长度N	数据内容	异或校验码	帧尾
“Q”	3字节	2字节	N字节	1字节	“E”

图 2 组态监控软件发送数据包的格式

##### (2) 组态监控软件接收的帧格式

测控终端应答数据包的格式如图 3 所示。该数据包包含帧头、应答字符、数据长度、数据内容、异或校验码和帧尾等字段。帧头都为“A”，帧尾都为“E”；应答字符为 1 个字节；应答字符有两种类型“S”和“D”。“S”将收到的内容全部返回，请求命令的数据内容不变；“D”监控软件请求的数据，与请求命令 RDA/RDN 相关：异或校验码对此字段前所有字节相互异或的结果作为该字段的内容。

帧头	应答字符	数据长度N	数据内容	异或校验码	帧尾
“A”	1字节	2字节	N字节	1字节	“E”

图 3 监控终端应答数据包的格式

#### 4.3 数据库设计

由于监控软件的重要功能是查询、管理、保存各测控终端的监控信息，后台数据库的设计非常重要。数据库管理模块主要包括用户信息的管理模块、远程监控参数模块、管理员信息表模块及监控信息表模块等。

(1) 监控信息表 Monitor 模块用于存储历史监控信息，各字段的定义如表 1 所示。

表 1 监控信息表 Monitor

字段	数据类型	是否允许为空	是否为主键	说明
DateAndTime	日期/时间	否	否	记录产生的日期和时间
Name	文本	否	是	控制器的名称
DevIP	文本	否	是	控制器的IP地址
chName	文本	否	否	通道名，即物理量名称
phyValue	数字	否	否	所测物理量的值
AlarmH	文本	允许	否	是否上限报警
AlarmL	文本	允许	否	是否下限报警
AlarmHH	文本	允许	否	是否上上限报警
AlarmLL	文本	允许	否	是否下下限报警

(2) 管理员信息表 Manager 模块设计了 3 个字段：管理员的用户名、密码和权限级别，如表 2 所示。权限级别支持三级权限控制且上级管理员可以创建、删除下级管理员；超级管理员主要是组态开发人员，所有

权限完全放开；一级管理员为应用系统的实际管理者，对它们开放了除组态开发功能以外的所有操作；普通管理员为只读用户，此类用户被屏蔽了所有与修改或控制相关的功能。

表 2 管理员信息表 Manager

字段	数据类型	是否允许为空	是否为主键	说明
userName	文本	否	是	用户名
userPsw	文本	否	否	密码
userRank	数字	否	否	权限级别(0、1、2)

## 5 测试

系统测试从三方面入手: 首先测试各种网络通信协议格式能否被监控软件 and 控制器正确解析; 然后进行软件组态开发功能的测试, 验证各通道的配置信息能否被正确修改; 最后, 作为最终的整合测试, 需要检测配置的各种控制关系, 验证控制器的处理流程。

### 5.1 网络通信协议测试

网络通信协议测试主要测试控制器是否能正确分析、处理与响应组态监控软件向控制器发送各种控制的命令, 即为测试封装在 TCP/UDP 包中的应用数据包的正确性的过程。如 RDA(获取控制器所有模拟量输入通道的 A/D 值)和 WCO(改变控制器的开关量输出)两个命令的测试界面如图 4、图 5 所示, 限于篇幅, 其他指令测试就不赘叙。

**RDA 命令:** 将传感器接入控制器任意一个模拟量输入通道中, 输入远程 IP 地址, 设置采样频率  $t$ , 单击“开始”按钮, 系统根据预先设置的采样频率, 每隔  $t$  秒发送一次 RDA 请求, 如果测试界面上能显示出 8 路 A/D 值(如上图 4 所示), 且 A/D 值能随着传感器所测物理量的变化而变化, 就表示控制器能正确处理 RDA 命令。



图 4 RDA 命令的测试

**WCO 命令:** 系统设计时, 在控制器的每个继电器中都配备一个指示灯, 进行 WCO 命令测试时, 就不再

需要额外接任何硬件。从图 5 可见, 测试界面中提供了 4 个按钮的控制开关量输出通道 0~3, 单击界面中的某个“闭合”按钮, 对应通道的继电器吸合, 其指示灯亮, 表示控制器正确解析 WCO 命令。另外, 控制器正确返回了响应帧, 在测试界面右下角状态栏就会显示接收正常。



图 5 WCO 命令的测试界面

### 5.2 组态开发功能测试

组态开发是指添加网络测控终端控制器、对控制器的网络参数和各通道及其控制关系进行配置的过程。组态开发功能测试主要体现在控制器测控通道属性及参数的测试、各通道之间控制关系配置的测试及控制器网络参数的测试, 具体的测试流程为:

(1) 首先测试读取功能是否正确, 即能读出控制器当前各通道的配置参数。如果不知道控制器内的实际配置参数, 可通过 PC 机查看控制器内部所有通道的配置情况, 也可以借助 LCD 的显示核对模拟量输入通道的配置情况;

(2) 其次测试写入功能是否正确, 即能在控制器中写入新的组态配置参数。同样可以借助 PC 机查看和 LCD 显示;

(3) 最后检验配置是否正确, 参照上面两步, 读取控制器内的配置参数。

(下转第 156 页)

## 6 结论

本文在充分讨论图像颜色特征和纹理特征的基础上,提出了一种基于多特征融合的图像检索算法. 实验在同等的软硬件环境下和相同的图片库中进行, 实验结果表明,该方法相对于文献[2]和文献[10]的方法,平均检索精度有了一定的提高,取得了较好的检索结果.

为了进一步提高算法的性能,下一步的工作主要集中在以下方面: 1)如何缩短 SW-NSCT 建立特征向量数据库的时间. 2)在纹理特征提取方面,采用新的小波实现对图像的分解,然后获取一个特征集合,使得这个特征集合可以更好地表示纹理特征. 3)采用适当的相关反馈策略,通过人机交互的方式,增强算法的检索效果.

### 参考文献

- 1 徐慧英,袁杰,等.一种基于颜色和纹理的图像检索方法.计算机学报,2009,36(5):282-286.
- 2 杨红菊,张艳,曹付元.一种基于颜色矩和多尺度纹理特征的彩色图像检索方法.计算机学报,2009,36(9):274-277.
- 3 Swain MJ, Ballard DH. Color indexing. International Journal of Computer Vision,1991,7(1):11-32.
- 4 Kotoulas L, Andreadis I. Colour histogram content-based image retrieval and hardware implementation. IEE Proc. Circuits Devices Syst, 2003,150(5):387-393.
- 5 Adam W, Peter Y. Content-based image retrieval using joint correlograms. Multimedia Tools and Applications, 2007, 34(2):239-248.
- 6 Chan YK, Chan GCH. Block image retrieval based on a compressed linear quadtree. Image and Vision Computing, 2004,22(5):391-397.
- 7 Stricker M, Orengo M. Similarity of color images. Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases, 1995, 2420: 3812392.
- 8 Huang PW, Dai SK. Image retrieval by texture similarity. Pattern Recognition, 2003,36(3):665-679.
- 9 张弘.数字图像处理与分析.北京:机械工业出版社,2007. 142-143.
- 10 黄传波,邵杰,万鸣华,金忠.Contourlet 变换在图像检索中的应用.计算机工程与应用,2009,45(3):24-27.
- 11 练秋生,李芹,孔令富.融合圆对称轮廓波统计特征和 LBP 的纹理图像检索.计算机学报,200,30(12):2199-2204.
- 12 汪华章,何小海,等.基于色彩量化及索引的图像检索.光电子.激光,2008,19(2):254-256.
- 13 Yang SY, Wang M, Lu YX, Qi WD, Jiao LC. Fusion of multiparametric SAR images based on SW-nonsampled contourlet and PCNN. Signal Processing 89. 2009. 2596-2608.

(上接第 137 页)

## 6 结语

本文介绍了基于 XML 文件组织的嵌入式监控组态软件的设计与实现. 该软件的特点是面向实验室多个测控项目的实际情况,结合组态软件技术,配合网路通信协议与数据库的设计,通过简单的配置式开发即可完成相对复杂的控制任务,达到组态控制的目的. 该软件经过各种测试,证明能够很好地解决传统工业控制软件存在的种种问题,使用户能根据自己的控制对象和控制目的进行任意组态,最终完成自动化控制工程.

### 参考文献

- 1 宋志崇.监控组态软件的研究与设计.大连理工大学,2008.
- 2 Li G, Ying J, Wu MH. A configuration software system for industrial monitoring and controlling. Information Acquisition, 2004. Proc. International Conference. Hangzhou, 2004: 466-470.
- 3 jin M, Zhou X, Duan P, Tian ZF, Zhou J. The Design and Implementation of Embedded Configuration Software Based on embedded\_linux, computer Science and Software Engineering. International Conference on Volume 4, 12-14 Dec. 2008. 98-101.
- 4 林伟.浅谈组态软件发展趋势.自动化博览,2003,(3):45-47.
- 5 陈锦辉,王景皓.XML 与 JAVA 程序设计大全.北京:中国铁道出版社,2002.
- 6 熊育悦,赵哲身.XML 语言及相关技术综述.仪表技术, 2002,(3):37-39.
- 7 徐冰,李启炎.XML 解析器应用分析.应用技术,2002,(1): 103-105.
- 8 王仲.基于 XML 的数据交换与存取技术研究.计算机工程与应用,2001,(24):108-110.
- 9 李勇军,冀汉莉.用 DOM 解析 XML 文档.计算机应用,2001, 21(8):1-3.