

# TXP 系统虚拟 OT 功能软件开发

孙 伟,冷 杉,潘福明,薛海平,郭智武  
(东南大学 动力工程系,江苏 南京 210096)

**摘要:**传统虚拟分布式控制系统(DCS)中的人机界面开发工作量大、逼真度不高,且不易修改。结合 600 MW Siemens TXP DCS 仿真项目,根据组件对象模型(COM)设计思想,通过运用 Microsoft 提供的 ActiveX 控件技术,对虚拟操作员终端(VOT)人机界面进行了全新开发,分图形文字、操作/指示窗口、曲线和报警等进行设计,并举了典型的动态元素分类。根据 OPC 规范,利用 OPC 客户端的 4 个属性值和方法函数与 OPC 数据服务器相连,进行数据交换。用 VC++ 语言开发测试 VOT 主程序,并详细描述了其步骤。

**关键词:**虚拟 DCS; COM 组件; OPC 技术; 动态元素; 人机界面

**中图分类号:** TM 743; TP 311.52      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1006-6047(2006)11-0075-04

## 1 系统结构

当前,我国电力工业建设的一个显著特点是要建立先进完善的自动化和信息技术平台,提高大型机组的安全性和经济性<sup>[1]</sup>。采用分布式控制系统(DCS),虽然使机组高度自动化,但同时又使运行人员接触设备的机会大为减少,从而导致故障难以及时处理。采用仿真机培训是解决问题的主要途径。由于传统意义上的仿真机具有工作量大、开发周期长、不便修改、无法满足电厂对热控人员的培训等问题,需要对其进行改进,采用虚拟 DCS 技术能较好地解决以上问题。虚拟 DCS 是在非 DCS 的 Windows 平台上,尽可能真实地由软件再现建立在 Unix 或 Windows 平台上的真实 DCS<sup>[2]</sup>。相对于传统的仿真机而言,其最大的特点是逼真度和可信度较高,并且能完成一些高级的仿真功能。基于此,扬州第二发电厂 600 MW 机组 Siemens TXP DCS 的仿真机开发采用虚拟 DCS 技术,其系统软件结构如图 1 所示。

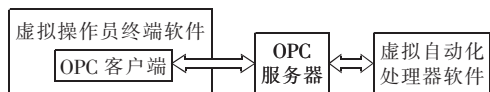


图 1 虚拟 TXP 软件结构示意图

Fig.1 Virtual TXP software architecture

虚拟 DCS 由 3 大部分构成:虚拟操作员终端软件(VOT),用于提供逼真的、功能详尽的人机界面; OPC(即用于过程控制的 OLE)通信,用于提供实时的数据通信;虚拟自动化处理器(VAP),用于提供与真实 Siemens TXP DCS 相同的控制算法。其中,由于运行人员直接面对的是人机界面,所以界面仿真性能的优劣,直接影响到操作员操作的正确性,进而影响仿真培训的效果。因此,VOT 的开发已成为虚拟 DCS 软件开发的一个重要组成部分。

## 2 VOT 性能软件需求

VOT 的开发应该根据现场实际的生产情况并且与真实 DCS 的人机界面保持一致,以此为培训人员提供与真实 DCS 情况相同的可视化窗口进行过程信息处理。这些信息包括原始数据、计算数据、报警点信息、实时趋势图、历史趋势图或变量状态。培训操作人员根据上述过程信息进行分析判断,并通过 VOT 提供的操作窗口向服务器读/写数据,对仿真模型中的设备进行控制与调节,从而达到培训的效果<sup>[3]</sup>。Siemens TXP 系统中 OM650 包含操作终端 OT,其设备显示层按实际现场情况分 3 个层次:全貌层、区域层、分组层。全貌层往往显示全厂的概貌,区域层又称为功能区,分组层又称为功能组。根据上述分层的原则,在虚拟 DCS 中参数的定义一般用 KKS(一种电厂设备编码和信号识别系统),从而保证电厂设备编号的唯一性<sup>[4]</sup>。该操作终端与其他 DCS 的操作终端相比具有一些独特的特点,如实时报警、细目窗口显示、发送增减脉冲及报警闪烁提示等,这样传统的组态软件就不能够完全满足要求<sup>[5]</sup>。此外,由于传统组态软件缺乏开放性,用户不能按需要对其显示、操作风格进行修改,并且每次细微的改动会造成整个程序的重新编译,从而影响软件开发的效率<sup>[6]</sup>。因此,本文采用第三方软件对 VOT 进行开发。

ActiveX 是一个 Microsoft 的术语,是基于组件对象模型(COM)的一种技术,是一组包括控件、DLL 和 ActiveX 文档的控件,它继承了 COM 技术的一些特点。比如,开放性高,只要遵守该规范,用户可根据需要自由地开发出用户希望获取的具有一些特定功能的软件;语言无关性,不依赖任何语言,这使得使用该技术的用户不需要安装开发该技术的一些编程语言(C++、VC++ 等);可重用性,如果用户需要对已开发好的软件进行修改,只需要添加具有相应功能的

接口函数,而不需要从头开发,这就大幅缩短了开发周期;操作简便,只要该控件所提供的 OCX 文件在 Windows 注册表中注册后,就能和其他 Windows 控件一样发挥其各自的功能<sup>[7]</sup>。

ActiveX 还具备 COM 技术所没有的一些特性。

**a. 属性和方法。**ActiveX 控件必须提供属性的名称、方法的名称及参数,通过这项机制容器可以存取和改变 ActiveX 控件的属性参数。

**b. 事件。**ActiveX 控件由这项机制通知容器在 ActiveX 控件中发生的事件。比如属性参数的改变、用户按下鼠标左键等。这样,使用该控件的用户就可以通过该控件所提供的属性、方法和事件函数与用户进行交互,从而可以完成一些高级功能。此外,由于 ActiveX 技术继承了 VC++ 的 GDI 绘图函数,因此可以根据需要绘制出相应图形控件<sup>[8]</sup>。

正是基于上述 ActiveX 的特点,在扬州第二发电厂虚拟 DCS 的开发中,采用基于 ActiveX 控件技术开发虚拟人机界面。在该项目中,根据真实人机界面把它分为静态的设备连接画面和动态的操作显示窗口,其中系统的静态部分通过复制实际控制系统的静态画面实现,并作为底图在上面嵌入相应的动态组件(即动态元素),形成虚拟人机界面。

### 3 VOT 人机界面设计

由于 ActiveX 所具备的一些独特优势以及综合 Siemens 虚拟 DCS 系统 VOT 的一些特点,对动态元素进行了如下主要的分类和设计。

**图形文字。**图形文字是一种配有操作和指示窗口的设备显示上的动态显示元素,操作/指示窗口通过图形文字打开。由于 VOT 特性鲜明,所以图形文字的类型很多,有设备文字、I&C 图形文字、可操作数字指示器等,见图 2。可通过 ActiveX 所继承的 VC++ 的 GDI 函数进行图形的绘制。如通过 Rectangle() 函数绘制矩形;通过 Ellipse() 函数绘制圆和椭圆;通过 FillRgn() 函数填充区域的颜色等。

**操作/指示窗口。**点击图形文字画面可打开或隐藏操作/指示窗口。通过点击按钮,可以从动态元素向服务器发送指令操作,如发送增/减脉冲指令、长增/长减指令、手/自动操作指令、启/停操作等。根据上述操作需求,可以通过 Windows 所提供的系统控件完成。比如,通过 CButton 类的实现,当点击按钮控件时,通过 Windows 消息 SendMessage() 函数可以向服务器发送脉冲消息,从而控制系统发生动作;通过 ClistCtrl 类的实现,当从服务器得到报警信息时,使用该类的 InsertItem() 函数将报警信息显示在细目窗口,操作人员从而得到警示。

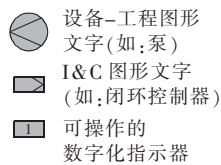


图 2 图形文字类型  
Fig.2 Type of graphical words

曲线和报警。该窗口是 VOT 的一个特点,包含了丰富的功能,曲线显示是以曲线的形式表现数值按时间顺序变化的过程。在开发过程中,定义了一个结构体 Cvalue,用于定义曲线数值结构;定义了 Clegend 类,用于定义曲线符号表;定义了 Cline,用于给所绘制的曲线进行定义等,从而完成了曲线报警功能。此外,还有 FUP 图形文字,可以在报警顺序显示和记录中输出的信号文本等,在此不再描述。典型的动态元素分类如表 1 所示。

表 1 VOT 动态元素分类  
Tab.1 Dynamic element classification of VOT

名称	意义	描述	说明
DSR	步进模拟量控制器	用于定位置和制偏差值的显示	可发送增/减脉冲及长增/长减信号和手/自动切换,显示模拟量,接收报警值,显示相应的细目窗口
DBR	设有手/自动切换的模拟量控制器	用于设置及显示人工设置点	
DEV	用于电磁阀的单个驱动开关量操作器	用于控制阀门的开/关	发送开关信号,显示开关状态及相应的细目报警
DES	定位调节器单个驱动开关量操作器	用于挡板的开/关	
DAU	设备切换开关量操作器	用于设备选择	发送设备选择信号,并显示设备的状态,提供细目报警
DBS	开环开关量操作器	用于控制设备的开/关	发送风机、马达、磨煤机等开关量(0/1)信号,并显示其状态
DTB	不可操作的数值指示器	用于 DAS 点值的显示	显示数值,超出量程则报警
DPP	曲线显示选择器	用于历史数据的曲线显示	显示曲线,分析运行性能

由图 1 的结构示意图所知,动态元素应该与 OPC Client 程序进行数据通信,从而达到与服务器的数据连接。在此必须使用 ActiveX 技术所提供的属性和方法函数。运用智能转化软件为每个动态元素分配一个 KKS,将该值作为该动态元素的属性值(Functionname),从而达到区分不同动态元素的目的,同时为控件定义另一个属性值 m\_value,并且定义一个方法函数 SetValue(),用于接收服务器的数值,具体实现如下:

```
void CDMESR::SetValue(float ValueList)// ValueList 的值由服务器送来
{
    m_value = ValueList; // ValueList 赋给控件属性值 m_value
}
```

### 4 OPC 通信设计

一个虚拟 DCS 的参数不比真实的 DCS 参数少,甚至更多。虚拟 DCS 的参数包括输入/输出变量、控制器参数、网络变量、人机交互变量、中文描述等,数据类型包括模拟量、开关量、积算量、字符类等。因此,要求虚拟通信能够传递的数据信息是庞大的。其次,虚拟 DCS 作为对电厂系统全范围的仿真,对数

据的实时性要求很高,一般相应时间为 100 ms 级,以满足对大型火力发电机组进行控制、监测、仿真的大容量和高速度数据计算处理的需要。正是基于上述要求,采用基于 OPC 技术的虚拟通信软件。OPC 是一个工业标准,其目的就是一种和大量数据源进行实时通信的标准机制,并以一种统一的方式访问数据信。介绍 OPC 规范的文献较多,此处不再赘述。如图 1 所示,本文开发一套 OPC 数据服务器,把虚拟 DCS 作为数据源,和虚拟 DCS 进行数据交互的程序(即 VOT)只要嵌入 OPC 客户端程序,通过 OPC 标准接口就可以实现。这样可以较大地提高通信的容量和速率。

根据规范,在 OPC 客户端定义了 4 个属性值: NodeName,用来存放需要连接的 OPC 服务器所在的计算机名字;OPCProgID,用来保存 OPC 服务器的 ProgID 名称;IDList,用来存放所需要读取点的名称的打包集;ValueList,用来存放从 OPC 数据服务器读取的实时数据。4 个方法函数: AddPoints(),把参数中的各种信息按照一定的规律进行分类打包处理,并分别存入对应的数据变量中; Connect(),实现了和服务器连接、加组以及加项等一系列工作; Disconnect(),释放所有的接口指针、COM 库、系统资源; Read(),用来同步读取数据。

OPC 服务器由 3 类对象组成: OPC 服务器对象(OPC Server)、OPC 组对象(OPC Group)、OPC 数据项(OPC Item)。OPC 服务器为对象服务提供有关服务器信息,并作为 OPC 组对象的容器。OPC 组对象包含本组所有信息,同时从逻辑上包容了 OPC 项对象的机制。OPC 数据项包含在 OPC 组对象中,是读/写数据的最小单位<sup>[9]</sup>。

将动态元素嵌入在 VOT 的 OPC 客户端主程序中,通过动态元素提供的方法函数,可将其与 OPC Client 进行通信,然后利用 OPC 客户端的 4 个属性值和方法函数与 OPC 数据服务器相连,进而可读/写服务器的大量数据,实现数据交换。在虚拟的服务器端,建立的数据通道采用了比较常见的共享内存方法,这对于数据共享、系统快速查询、动态配置、减少资源消耗等均有独到的优点,并且保证了 VOT 和 VAP 的数据一致性。需要强调的是,为了保证各个 CRT 界面数据的一致性,避免由于画面切换造成的数据紊乱,需要为每个客户端分别开辟 2 个 OPC Server 进程,用于数据的读和写,将其区分开。

## 5 VOT 主程序设计

为了达到和动态元素的相容性和聚合性,对于 VOT 主程序同样采用 Microsoft 提供的 VC++ 语言进行开发与测试。首先,建立一个名为 Yzpp 的工程,在该工程中为每个 VOT 页面定义一个类,它继承了 MFC 中的 CFormView 类;其次在该类中,通过使用 Create()函数,运用智能转换软件为每个动态元素分配相应的位置坐标值,从而将控件放置在正确的位

置上,对 SetTimer()函数进行刷新时间上的设置,从而在 OnTimer()函数中,定时调用动态元素的方法函数 SetValue(),进而定时刷新数据,达到实时显示;最后,完成 VOT 主程序中动态元素和 OPC 数据源数据的交换。交换可分为以下几步。

a. 登陆 COM,初始化 COM 库。通过 CoCreateInstance()函数创建一个 OPC Server 类实例,建立与 OPC 服务器的连接,并创建远程 OPC Server 对象。

b. 通过访问 IOPC Server 接口的成员函数 AddGroup()创建 OPC Group 对象,通过访问 IOPC-ItemMgt 接口的成员函数 AddItems()在 OPC Group 对象中添加组。

c. 通过访问 IOPCItemMgt 接口的成员函数 Read()和 Write()实现从 OPC Server 中读取、写入数据,通过 get\_ValueList()函数获取相应点的值。

d. 在程序停止运行之前必须删除已创建的 OPC 对象并释放内存,释放 COM 库。

## 6 结语

本文主要包含 2 方面的内容:

a. VOT 动态元素 ActiveX 控件的开发;

b. VOT 主程序的设计及与 OPC 数据服务器之间的通信,并结合扬州第二发电厂 600 MW 机组 Siemens TXP 分布式控制系统虚拟 DCS 的软件系统项目<sup>[10]</sup>,以 VC++ 作为编程工具,对虚拟 DCS 人机界面进行了深入研究,开发了 VOT 软件,为虚拟 DCS 开辟了新的思路。

整个程序的开发都应用了组件化程序设计思想,具有可移植性和可扩展性,开发时间大幅缩短,从而提高了工作效率。

## 参考文献:

- [1] 冷杉. 论虚拟分散控制系统技术[J]. 中国电力,2003,38(2): 53-56.  
LENG Shan. Virtual distributed control system technology [J]. Electric Power,2003,38(2):53-56.
- [2] 冷杉,徐悦,陈坤,等. 虚拟 DCS 技术与大型发电厂实时系统互联应用[J]. 东南大学学报,2005,35(1):60-63.  
LENG Shan,XU Yue,CHEN Kun,et al. Virtual DCS technology and real-time system interconnecting application in large scale power plant [J]. Journal of Southeast University,2005,35(1): 60-63.
- [3] 郝欣. 发电企业 DCS 系统人机界面设计原则研究[J]. 东北电力技术,2004(3):19-21.  
HAO Xin. Design principle study on man-machine interface for DCS system in power generating enterprises[J]. Northeast Electric Technology,2004(3):19-21.
- [4] 薛海平,冷杉,陈坤. TXP 系统虚拟 AP 功能软件设计开发[J]. 电力自动化设备,2005,25(10):55-58.  
XUE Hai-ping,LENG Shan,CHEN Kun. Development of virtual AP function software for TXP system [J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(10):55-58.
- [5] 苟小龙. 利用 DCS 组态的仿真机软件设计[J]. 计算机仿真,2003,20(3):77-79.  
GOU Xiao-long. An implementation of simulator software using configuration of DCS [J]. Computer Simulation,2003,20(3):

77 - 79.

- [6] ROBERTS C A, DESSOUKY Y M. An overview of object-oriented simulation [J]. Simulation, 1998, 70(6):359 - 368.
- [7] 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [8] 王海瑞. ActiveX 技术在组态软件中的应用研究[J]. 计算机测量与控制,2002,10(6):407-409.  
WANG Hai-rui. Applied research of ActiveX technology in configuration software [J]. Computer Measurement & Control,2002,10(6):407-409.
- [9] 陈坤,冷杉,刘哲. 基于 OPC 的虚拟 DCS 对象调试软件开发[J]. 电力自动化设备,2004,24(10):39-41.  
CHEN Kun, LENG Shan, LIU Zhe. Development of objected-oriented debugging software based on OPC for virtual DCS [J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(10):39-41.
- [10] 徐正清,王兴叶. 西门子 TXP 系统在扬州二电厂 600 MW 机组上成功投运[J]. 电力自动化设备,1999,19(1):41-43.  
XU Zheng-qing, WANG Xing-ye. Siemens TXP system success-

fully put into operation in Yangzhou No.2 Power Plant 600 MW unit [J]. Electric Power Automation Equipment, 1999, 19(1):41-43.

(责任编辑:李育燕)

**作者简介:**

孙伟(1982-),男,湖北十堰人,硕士研究生,研究方向为系统仿真和控制软件技术(**E-mail**:snnxiao\_@163.com);

冷杉(1958-),男,江苏南京人,教授,博士,ISA 会员,从事系统仿真和控制软件技术研究;

潘福明(1978-),男,江苏扬州人,硕士,研究方向为系统仿真和控制软件技术;

薛海平(1980-),男,江苏无锡人,硕士研究生,研究方向为系统仿真和控制软件技术;

郭智武(1980-),男,湖北孝感人,硕士研究生,研究方向为系统仿真和控制软件技术。

## Development of virtual operator terminal function software for TXP system

SUN Wei, LENG Shan, PAN Fu-ming, XUE Hai-ping, GUO Zhi-wu

(Department of Power Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** The workload of HMI(Human-Machine Interface) development in the traditional virtual DCS(Distributed Control System) is heavy, while its fidelity is low and the modification is difficult. With the design concept of the COM(Component Object Model) and the ActiveX control technique of Microsoft, the HMI of the VOT(Virtual Operator Terminal) for a 600 MW Siemens TXP DCS simulation system is developed in graphical words, operation/indication windows, curves and alarms. Typical dynamic element classifications are listed. According to OPC(OLE for Process Control) protocols, clients interconnect and exchange data with the OPC server through four attributes and method functions. The main program of the VOT is compiled and debugged with VC++, and development steps are described.

**Key words:** virtual DCS; COM; OPC; dynamic element; human-machine interface