

面向对象的部颁 CDT规约模板的设计与实现

李洪波¹, 王峰¹, 崔建国²

(1. 烟台师范学院数学与信息学院, 山东 烟台 264025;

2 烟台东方电子保护及变电站自动化事业部, 山东 烟台 264001)

摘要: 运用面向对象技术, 抽象出 CDT通信规约的面向对象模型。设计了 CDT规约的参数化文件模板, 根据文件模板的格式和现场的实际需要可生成实例化模板文件, 使得不同厂家的 CDT规约能够相互适应, 解决了变电站各智能单元 CDT规约间的不兼容问题, 从而提高了现场安装与维护的效率。指出了本规约面向对象 C++应用程序用到的高效性实现机制。

关键词: CDT规约; 面向对象技术; 模板; 变电站通信

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)09-0053-04

0 引言

目前, 变电站自动化产品的通信协议千差万别, 即使是同种通信规约, 具体实现时也不尽相同, 为解决变电站各智能单元间的互连问题, 一般做法是一方按另一方的规约实际实现来修改程序以实现互连。但这会使得同一种规约对应着许多种程序, 给程序的备份与后继的维护服务工作带来诸多不便。尤其现场仓促修改程序可能存在隐患, 影响设备的持续在线运行; 同时维护费用大, 周期长。这些一直是用户和厂家长期无法解决的问题。

在众多的通信规约中, CDT规约因其易学、易懂、实现方便、报文便于分析与易于维护等特点, 获得了广泛的应用。但不同厂家对 CDT规约的理解和解释不尽相同, 许多设备生产厂家根据自己的理解开发了方便自己使用的部颁 CDT规约程序, 来解决生产中和现场工作中遇到的各种问题; 许多设备厂家根据自己设备的实际功能对规约进行了裁减。这些没有遵照规约开放互连标准的设备程序不利于不同厂家设备间的互连, 不利于同种通信规约间的设备通信程序相互适应。

笔者在长期的变电站自动化工程的维护和程序开发的实践中, 通过对各种智能单元 CDT通信规约实际使用情况的分析与总结, 提出了部颁 CDT规约通信规约模板的核心设计思想——用通信规约对象来动态接收规约现场运行的实际参数, 并存储这些实际参数, 根据实际参数对 CDT规约进行最小化组织, 以达当地现场的实时性最佳化的目标。该模板能够适应千差万别的 CDT通信规约, 在线运行情况下不必修改源程序就可接入各种新设备, 以不变的程序适应万变的规约, 维护真正做到傻瓜化智能化。

1 CDT规约的面向对象模板设计与实现

1.1 CDT规约的现场使用情况

CDT规约可用于直流屏、消弧线圈、小电流接地选线等智能单元与通信管理单元之间的通信以及 RTU 与远方调度主站的通信。

现场实际使用时, 直流屏、消弧线圈、小电流接地选线等智能单元遥测量较少, 对重要遥测、次要遥测和一般遥测未做任何区分, 如图 1(a)所示。有些智能单元没有遥控功能或有遥控功能但现场并不启动遥控功能。有些智能单元并不上传 SOE、遥信变位、子站工作状态信息和电度量, SOE信号和遥信变位信号靠通信管理单元生成, 如图 1(b)所示。大多数智能单元都不处理或发出升降命令。因此, 实际使用时, 各智能单元的程序开发人员都根据实际情况对规约进行了适度的裁减, 运行其中的一个子集。而一般情况下, 通信管理单元中运行的 CDT通信规约几乎是全集, 但循环传送方式也不尽相同, 可根据现场的实际要求在规约允许的技术条件下任意组织, 如图 1(c)、1(d)和 1(e)所示。

现场运行的 CDT规约常用的几种循环传送方式, 如图 1所示。

综上所述, 由于设备不同和现场的实际需求不同, 现场运行的 CDT规约的循环传送方式不尽相同。如何根据现场的实际情况, 在不修改规约程序的前提下, 使得通信管理单元的 CDT规约以最小化的形式同与之互连的智能单元进行互连, 以最大限度地提高规约的运行速度, 使得现场的实时性能最佳。

1.2 CDT规约的面向对象模型

面向对象的程序设计方法把客观世界看成由一

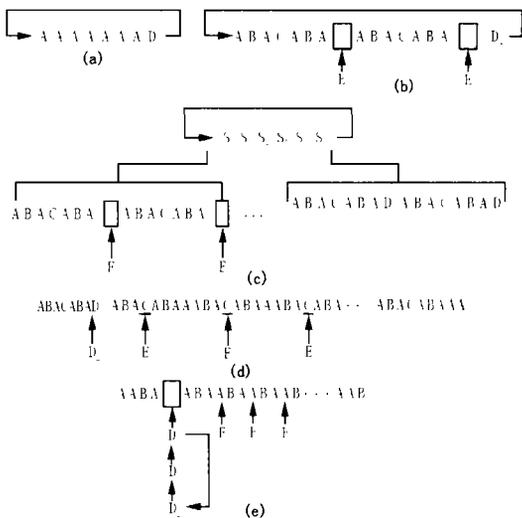


图 1 CDT规约常用的五种循环传送方式

Fig 1 Five common circular transmission's modes in CDT

些具体事物构成的,每个事物都具有自身的静态特性和动态特性,这些被抽象出来的特性将分别由一组属性和一组服务来描述。客观世界的事物之间有共性,也有个性,按其共性可分为若干类。类是具有相同共性的若干事物的集合,是面向对象语言中相对独立的程序单位,是对某些事物的统一抽象描述。对象是类的实例,用来描述客观事物的一个实体,它是构成系统的一个基本单元。一个对象由一组属性和服务组成。

根据以上现场实际使用情况和 CDT规约的一般技术要求,抽象出如下对象: CDT规约对象包括循环传送方式控制对象、同步字对象、控制字对象、信息字对象四个子对象,这种整体与部分以及继承与多态关系,如图 2所示。这里,为最大限度地使规约逻辑功能与物理通信端口相独立,将发送和接收两个行为从 CDT规约对象分离出来,将其划归为端口对象所有,如图 2所示。端口对象和规约对象通过收和发两个共享缓冲区来实现二者的信息交换,这样可以做到数据的收发与具体的规约相互独立,从而简化了规约程序的具体实现,方便了现场的调试。因循环控制对象只设置在从站方,主站方的 CDT规约无需设置循环控制方式,只需循环接收并处理从站以某种循环方式送来的数据信息就可以。主站端的 CDT规约解信息字,组命令帧;从站端是解命令,组信息字。可见主站端和从站端的解帧和组帧的行为截然不同,因此,抽象出 CDT规约抽象类,它的两个子类为主站 CDT类和从站 CDT类。CDT规约的抽象类中有两个纯虚函数组帧函数和

解帧函数。具体实现在主站 CDT类和从站 CDT类两个继承类中。如图 2所示。

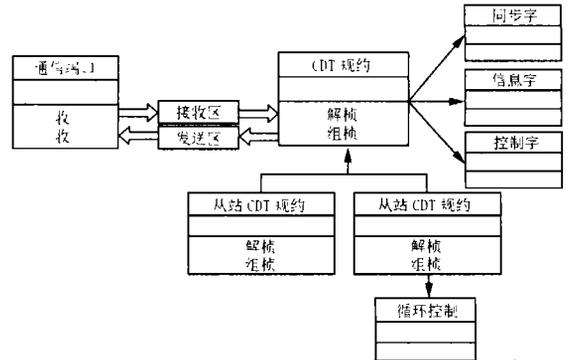


图 2 CDT规约的面向对象模型

Fig 2 The object-oriented model of CDT

1.3 CDT规约的面向对象模板设计

智能型 CDT规约的面向对象模板设计在于 CDT规约类(纯抽象类仅用于继承,不能实例化)、控制字对象、主站 CDT规约对象、从站 CDT规约对象和循环控制对象动态接受外界的哪些参数以及如何动态接收外界的实际参数两个问题。

CDT规约类要接收的外界参数有遥测个数、遥信个数、电液个数、遥控个数、源地址和目的地址,在前四个参数个数中如果有为 0 的属性值,实现时不予处理。控制字对象接收规约在当地现场实际用到的控制信息。主站 CDT规约对象要设置定时对时命令的时间间隔。循环控制对象用于接收外界输入的循环控制方式。

将上述外界参数抽象成一个统一的参数文件模板,文件模板动态地接受外界信息形成当地现场的实例化模板文件。上述各规约对象从实例化模板文件中读取自己相应的参数以初始化自身的属性值。如图 3所示。用户借助某编辑器按照文件模板要求的格式将现场的实际参数输入到实例化模板文件中,通过合法性检查后,由维护端口下载到智能管理单元中,CDT规约各对象通过自身的读操作将模板文件的相应内容读入并初始化自己相关的属性值。这里有两个问题,一个是模板文件包含哪些内容以及如何设计,另一个是对象如何读取实例化模板文件的参数。

CDT规约的参数化数据结构分为基本参数、命令控制参数、循环控制参数 3 个参数子模型。基本参数由一个 7 个参数构成的向量来表示,每个参数都是一个整数。向量 (a, b, c, d, e, f, g, t) 的每一个参数的含义依次为:遥测个数、遥信个数、电液个数、

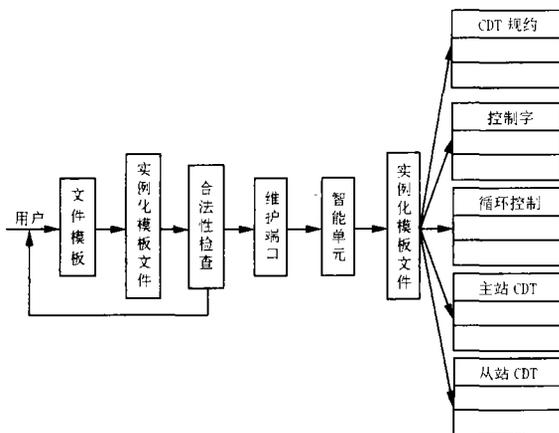


图 3 CDT规约的面向对象模板实现机制

Fig 3 The implement mechanism of template based object-oriented model

遥控个数、源地址、目的地址、主/从站标志、主站情况下的对时时间间隔。命令控制参数为 12 行 2 列的矩阵,如图 4 所示, x_i ($1 \leq i \leq 6$) 取值为 0 或 1, 表示上行对应的帧有和无; 同样, y_i ($1 \leq i \leq 12$) 取值为 0 或 1, 表示下行对应的命令的有和无。

命令控制参数		
帧名	上行	下行
61H	X_1	Y_1
C2H	X_2	Y_2
B3H	X_3	Y_3
F4H	X_4	Y_4
85H	X_5	Y_5
26H	X_6	Y_6
57H	0	Y_7
7AH	0	Y_8
0BH	0	Y_9
4CH	0	Y_{10}
3DH	0	Y_{11}
9EH	0	Y_{12}

图 4 参数化命令控制表

Fig 4 Control parameter table of command

在循环控制参数中,把循环控制方式表分成若干组,每一组可由 (A, a1, b1)、(B, a2, b2)、(C, a3, b3)、(D1, a4, b4) 和 (D2, a5, b5) 这些称为原子项的元素构成,也可经由原子项构成的项称为嵌套项的元素构成。不论是原子项,还是嵌套项,每一项都由项元素本身、在控制表中的起始序号和重复的次数三元组构成,在图 1 中的循环方式 (a)、(b) 和 (c) 的实例分别如下。

例 1: 方式 (a) 可表示成 ((A, 1, 7), (D1, 8, 1)), (A, 1, 7) 表示 A 帧在循环方式表中从序号 1 开始连续 7 个, (D1, 8, 1) 表示 D1 帧在循环方式表中从序号 8 开始仅 1 个。

例 2: 方式 (b) 可表示成 ((A, 1, 1), (B, 2, 1), (A, 3, 1), (C, 4, 1)), 1, 4), (D1, 17, 1) 表示 ABAC 组从 1 开始连续 4 组, D1 帧从序号 17 开始 1 次。

例 3: 方式 (c) 可表示成 (((((A, 1, 1), (B, 2, 1), (A, 3, 1), (C, 4, 1))), 1, 4), 1, 5), (A, 21, 1), (B, 22, 1), (A, 23, 1), (C, 24, 1), (A, 25, 1), (B, 26, 1), (A, 27, 1), (D1, 28, 1), (A, 29, 1), (B, 30, 1), (A, 31, 1), (C, 32, 1), (A, 30, 1), (B, 31, 1), (A, 32, 1), (D2, 33, 1))。

上面循环控制方式表示的实质就是扩充的广义表,每一个元素由一个三元组来表达,参见文献 [2]。在具体实现时,不但把上述三个数据结构统一放在一个文件模板中。而且,对于从站 CDT 规约而言,文件模板中还要加入上传信息表与遥测分类表,上传信息表设定本智能单元的哪些信息上传到主站,遥测分类表对本装置的遥测分类,达到规约要求的分类标准。

1.4 CDT规约面向对象模板的高效性实现

在通信管理机上实现时要考虑高效性,因本模板程序利用 C++ 编程,所以高效性表现在引用、内联函数和友元三个方面。当然为程序目标代码最小化的需要,编译预处理的充分与灵活运用是必不可少的,在此不做讨论。

1) 引用

引用是某个变量或对象的别名。引用直接绑定所定义的变量或对象,定义后不能改变绑定的对象。从本质上说,引用的实质就是引用地址,因而引用的时间开销和指针的时间开销一样是高效的。但引用克服了指针带来的不便,使用引用同普通变量的使用一样方便。即使错误的操作引用,也不会破坏其他数据区,增强了数据的安全性。

2) 内联函数

对于一般的函数调用,其执行过程如下:

操作系统为被调函数建立工作栈空间; 保存现场; 进行虚实的结合; 执行被调函数体; 恢复现场。

内联函数是编译时用函数体替换函数调用语句,也就是只执行了一般函数调用的第 一步,省去了执行

四个步骤的时间开销,大大提高了程序的运行效率。但应注意的是内联函数语句一般不超过 5 句,不允许出现循环和开关语句。如果内联函数语句远超过 5 句,则执行 所需的时间同执行函数体所需的时间就微不足道,可以忽略不计。

3) 友元

对象具有封装性和隐藏性,对象中的私有成员一般只有通过类中的成员函数才可以访问,而程序中的其他函数是无法访问对象中的私有成员的,只能通过调用类的成员函数来间接访问对象私有成员。调用类的成员函数同前所述的一般函数调用一样要有执行 5 个步骤的时间开销。友元是不必调用类的公有成员函数就可直接访问对象的私有数据成员,免去了调用函数所需的时间开销,提高了程序的执行速度。友元有友元类、友元成员函数和友元全程函数三种。

综上,C++提高程序运行效率的机制有引用、内联函数和友元。引用保持了指针访问数据的高效性,增强了访问数据的安全性。内联函数减少了函数的个数,友元减少了调用函数的次数。这些机制提高了智能单元 CDT 规约程序的运行效率。

2 结论

该模板不但适用于所有具有通信功能的电力二次设备、监控系统和 RTU,而且适合于具有相似结构的非电力通信系统。

该模板的设计与实现,方便了现场的调试与维护,节省了大量的人力与财力。提高了不同厂家设备软件系统之间的适应性与通用性。保证了变电站自动化系统安全持久可靠的运行,避免了低水平的重复工作,消除了经常性的更改程序可能带来的隐患。不同现场只要同一版本的 CDT 程序,程序只需备份一次,一个程序对应千差万别的实例化模板参数文件,有利于现场参数与程序的备份管理。

参考文献:

- [1] 贾春娟,郭贵同. COM 技术及其规约插件的实现原理 [J]. 继电器, Relay, 2001, 29 (3): 49-51.
JIA Chun-juan, GUO Gui-tong Technology of COM and Implementation Principle of Its Protocol Card [J]. Relay, 2001, 29 (3): 49-51.
- [2] 严蔚敏,吴伟民. 数据结构 (C 语言版) [M]. 北京:清华大学出版社, 1997. 112-117.
YAN Weimin, WU Weimin Data Structure, C Language [A]. Beijing: Tsinghua University Press, 1997.

- 112-117.
- [3] 史志鸿,魏健啸,等. 用 Delphi 6 开发部颁的 CDT 远动规约解释器 [J]. 继电器, 2003, 31 (5): 44-48.
SHI Zhi-hong, WEI Jian-xiao, et al CDT Telecontrol Protocol Explainer Developed by Delphi 6.0 [J]. Relay, 2003, 31 (5): 44-48
- [4] 张东海,薛福珍,罗超. SCADA 系统中开放式通信模型的设计与应用 [J]. 化工自动化及仪表, 2004, 31 (6): 45-48.
ZHANG Dong-hai, XUE Fu-zhen, LUO Chao Design and Application of Open Communication Model in SCADA [J]. Control and Instruments in Chemical Industry, 2004, 31 (6): 45-48
- [5] 邵维忠,杨芙清. 面向对象的设计 [M]. 北京:清华大学出版社, 2002. 1-63.
SHAO Wei-zhong, YANG Fu-qing System Design Based Oriented Object [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002. 1-63
- [6] 吕凤鸾. C++ 语言程序设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001. 1-17.
LÜ Feng-zhu C++ Programming Language [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001. 1-17.
- [7] 程耀,等. Visual C++ 5.0 程序设计教程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1998. 213-548.
CHENG Yao, et al Visual C++ 5.0 Programming Textbook [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998. 213-548
- [8] 李洪波. 变电站设备主从式通信规约分析及其实现方案 [J]. 电力系统通信, 2004, (5): 32-34.
LI Hong-bo Analysis and Implemented Scheme of Master-slave Protocols in Substation [J]. Telecommunication for Electric Power System, 2004, (5): 32-34.

收稿日期: 2005-09-26; 修回日期: 2005-10-08

作者简介:

李洪波 (1969 -),男,硕士,讲师,主要从事信息管理系统、网络规划与管理、嵌入式系统开发、面向对象的分析与设计等方面的研究; E-mail: fast_run_man@126.com

崔建国 (1974 -),男,硕士,软件工程师,主要从事变电站 RTU 的开发与维护、变电站监控系统的开发与维护等方面的研究。

Design and implementation of template of object-oriented CDT protocol

LI Hong-bo¹, WANG Feng¹, CUI Jian-guo²

(1. College of Mathematics and Information Science, Yantai Normal University, Yantai 264025, China;

2. Dongfang Electronics Group, Yantai 264001, China)

(下转第 79 页 continued on page 79)

I_a	I_b	I_c	$\cos \alpha$	$\cos \beta$	$\cos \gamma$	I_0
149	150	150	0.997	0.998	0.997	0.6

实验结果与理论推导完全相符,证明了理论推导的正确性,同时证明本文提出的方法对不平衡电流无功补偿方面具有显著的作用。

4 结论

针对当前的不平衡补偿大都只考虑负序电流,而不考虑零序的实际情况,应用叠加原理,得出既适合于三相三线制,也适合于三相四线制不对称负荷的补偿方式。通过 Y 接线和 接线两种补偿形式共同作用,对各相提供不同数量的无功,消除不对称负荷产生的负序和零序电流分量,使系统从母线侧来看是对称的。同时功率因数理论上提高到 1,线路上的能量损失也减少。仿真实验和现场实践结果均表明在功率因数比较低的情况下,应用本文所提出的方法可以完全补偿不平衡;在功率因数较高的情况下,可以改善不平衡。

参考文献:

- [1] 雷惠博. 三相电量对称性对无功功率变送器测量误差的影响[J]. 电力系统自动化, 1996, 20(8): 26-29.
LEI Hui-ba The Influence of Three-phase Electric Con-

sumption Measures to the Reactive Power Changer[J]. Automation of Electric Power Systems, 1996, 20(8): 26-29.

- [2] Miller E J E 电力系统无功功率控制[M]. 胡国根, 译. 北京:水利电力出版社, 1990.
Miller E J E Reactive Power Control in Electric Systems [M]. HU Guo-gen, Trans Beijing Hydraulic and Electric Power Press, 1990.
- [3] 单铁铭,杨仁刚. 不平衡电流无功补偿方法的研究[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(12): 26-29.
SHAN Tie-ming, YANG Ren-gang Reactive Power Compensation for Unbalanced Current[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(12): 26-29.
- [4] Lee San-yi On-line Reactive Power Compensation Schemes for Unbalanced Three Phase Four Wire Distribution Feeders[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1993 18(4): 1928-1965.

收稿日期: 2005-10-12; 修回日期: 2005-12-19

作者简介:

谢连富(1968-),男,本科,工程师,主要从事电网的运行与管理工作;

单铁铭(1976-),男,硕士研究生,助理工程师,主要从事电力系统及其自动化工作。E-mail: shanm@163.com

Research on unbalanced reactive current compensation method

XIE Lian-fu, SHAN Tie-ming

(Fangshan Power Supply Corporation of Beijing Power, Beijing 102401, China)

Abstract: A new reactive power compensation method is developed to reduce the negative and zero sequence components of unbalanced load currents. This method can be employed not only in three-phase three-wire system but also in three-phase four-wire distribution feeders. Unbalanced load current may result in additional losses and damage to power systems. Load compensation is an effective method to eliminate those undesired sequence currents. The compensation uses a Y-connected and -connected static reactive power compensator to give a different amount of reactive power compensation to each phase. Digital simulations are made to Y-connected and -connected load.

Key words: unbalanced load current; three-phase four-wire; load compensation; superposition theorem

(上接第 56页 continued from page 56)

Abstract: With programming technique of object-oriented, this paper abstracts a object-oriented model of CDT communication protocol. A template file is designed to store CDT protocol's parameter. According to format of template file and real requirements, an instance file in practice can be produced, which can make CDT protocols coming from different companies adaptive to each other. A correct solution is worked out for incompatibility among IEDs in transformer substation to enhance the efficiency of installation and maintenance. With C++ programming, this paper points out its high efficient mechanism in CDT protocol.

Key words: CDT protocol; object-oriented technique; template; substation communication