

基于模板的电力保护系统通信规约研究

张艳林¹, 李绍滋²

(1. 厦门大学人工智能研究所, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学-北京德威特电力自动化软件联合实验室, 福建 厦门 361005)

摘要: 目前国内变电站综合自动化系统中由于不同厂家或同一厂家在不同时期对同一标准规约的实现有所不同, 而导致变电站保护系统即使接入使用同一标准规约的产品也要修改程序, 这给现场维护带来极大不便。针对上述情况, 提出了基于模板的通信规约设计思想, 接着以 IEC60870-5-103 通信规约为例进行了该思想的详细设计, 并在我们自主设计的 DVP-9000 变电站综合自动化软件系统中加以实现, 经过测试, 取得了很好的成效性。

关键词: 标准规约; 规约模板; 配置文件; 103 规约

Research on communication protocols based on template in power protection system

ZHANG Yan-lin¹, LI Shao-zi²

(1. Intelligent Multimedia Technology Lab, Xiamen University, Xiamen 361005, China;
Electric Power Automation Software Joint Lab, Xiamen 361005, China)

Abstract: In the domestic transformer substation synthesis automated system, according to different factories or same factories in different periods carry out the same standard protocol differently at the present time, which lead to revise the procedure for transformer substation protection system even it has been input products with same standard protocol, brings enormous inconvenience for on-site maintenance. In view of above situation, this paper proposes a new thought on the design for template. Meanwhile, combining IEC60870-5-103 protocol applying for DVP9000 transformer substation synthesis automated software system, it introduces and implements this idea. After the test, it achieves good effect.

This project is supported by Science and Technology Key Project of Fujian Province (No.2006H0037).

Key words: standard protocol; protocol template; configuration files; 103 protocol

中图分类号: TM73; TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)21-0023-04

0 引言

目前变电站综合自动化系统内部使用的电力产品种类繁多^[1], 而每种产品的供应商又都有一套通信规约标准, 所以通信规约的使用状况非常混乱, 给变电站的标准化设计带来很多困难。然而要实现变电站综合自动化系统标准化, 就首先要实现传输规约的标准化, 这样才能实现变电站综合自动化系统内设备的互换性。因此, 为适应这种形势的发展, 国际和国内有关权威机构逐步提出了传输规约技术标准, 如变电站和调度中心之间的传输规约 CDT、DNP3.0、101 等; 站内局域网的通信规约 103 等; 电力系统的电能计量传输规约 102 等。可是由于这些标准规约制定周期长, 如 IEC60870 系

列标准的制定超过 10 年^[2], 还有许多厂家为满足自己产品的测量或控制需要而对标准规约有所扩充, 而导致同一厂家不同时期或者不同厂家对这些标准规约的理解和应用情况各不相同。普遍存在的问题有: ①对规约解释不一致; ②规约实现选项不一致。例如 103 规约遥测的上传, 南自用通用分类服务来实现, 可是有的厂家用 ASDU3、9、10 或 50 实现; ③规约参数选集不一致。例如许继 103 中的信息序号除基本全部采用专用标准范围外^[3], 还有一些是自己扩展的, 比如继电保护功能的控制操作命令的信息序号 INF77 的语义是过负荷投退; 而南瑞虽然大部分是按照标准完成^[4], 可也有部分是自己扩展的, 比如 RCS 系列的保护设备信息序号 INF42 的语义是监视方向闭锁^[5]; ④通信过程不一致。由于对规约不同的理解, 导致了不同的通信过程, 例如在 103 规约 SEND/CONFIRM 服务中, 有的厂家不遵守链

基金项目: 福建省科技重点项目资助 (2006H0037)

路层过程，而直接进行应用层的确认，致使许多使用 SEND/CONFIRM 服务的命令功能无法实现；⑤采用的数据结构不一致。这些情况都对变电站设备间的互操作性和设备与变电站控制系统间的无缝通信带来极大的不便^[6]；特别是现场仓促之间修改规约接口而可能引入程序 bug，会严重影响设备的持续运行；使现场维护费时费力费财。

本文针对上面列出的第二个问题，笔者提出了基于模板的标准规约设计思想，基于这种方法维护通信规约时，用户不需要修改变电站综合自动化系统规约程序主站端的源代码，主站只需读入由规约模板生成的配置文件即可，大大减少了规约维护的工作量。在不用对同一版本规约程序做根本性变动的前提下方便了不同厂家使用此标准规约的设备接入综合自动化系统。

1 总体设计思想介绍

变电站综合自动化系统中智能电子设备 IED 是通过规约协议来实现数据交换的，然后对收到的具体数据进行分析，从中提取出对方传达的信息，接着提供对方需要的服务。我们可以用数据模型、信息模型、服务模型来描述。如果所有设备的三种模型都统一或兼容，那么设备之间就能实现互操作了，通信模型如图 1 所示。遗憾的是目前同一厂家不同时期或不同厂家设备产品的数据模型就不完全一致，所以目前要想实现无缝通信，必须采用某种方法先使变电站中通信的双方能识别对方发来的全部数据帧。

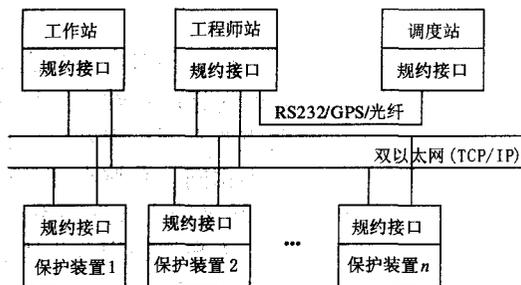


图 1 综合自动化系统简单通信模型

Fig.1 Synthesize automatic system simple communication model

笔者对各类不同版本的标准规约认真分析与总结后，提出规约模板的设计思想。模板既然是为了弥补数据模型的缺陷，首先要解决的是根据某类标准规约的一般技术要求和不同厂家实现情况的差异而确定模板要包含哪些元素，以及它们之间的关系。

任何一类标准规约的数据报文，都可以看成是

由传输控制部分和数据部分组成的。传输控制部分又包括同步字对象、长度对象、传输方向对象、源地址对象、目的地址对象、帧号对象、功能码对象、结束符对象、其它对象及校验码等对象。数据部分又包括遥测、遥信、保护报文、遥信变位、SOE、遥控、遥调、电镀、对时、复归等对象^[7]。

不同厂家在实现时为配合自己产品的测量或控制需要，有所变动的往往是传输控制部分，例如部颁 CDT 规约的功能码，有的厂家实现时会有所扩展。我们可以称传输控制部分为数据选集或参数选集，不管哪类标准规约具体实现时都是传输控制部分的全部对象或其子集对象的一个具体排列。

2 规约模板在 103 上的设计与实现

根据以上思想，并结合 IEC 标准 103 规约的技术要求，下面着重详述 103 规约模板的设计及实现。

2.1 103 规约简介

103 规约采用 FT1.2 帧格式。该数据帧有 3 种：单个字符帧，只包含一个字符“E5”（一个 8 位位组）；固定帧长的帧，如图 2；可变帧长的帧，如图 3 所示。

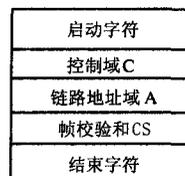


图 2 固定帧长帧格式图

Fig 2 Long frame's form of fixed frame

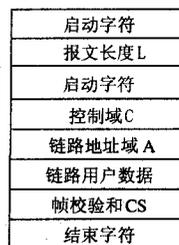


图 3 可变帧长帧格式

Fig.3 Long frame's form of variable frame

固定帧长帧用于 103 设备（采用 103 规约实现通信的设备）与控制系统之间传输的确认帧、忙帧或询问帧之用。可变帧长帧用于控制系统与 103 设备间传输数据。

因为电力系统具有高实时性和高可靠性的要求，为了便于现场出现故障时控制系统可以迅速响应，103 规约采用增强性能结构 EPA (Enhanced Performance Architecture) 三层网络模型。链路层定义了本套标准中的应用服务数据单元 (ASDU)，

并指出应用数据单元是由一个数据单元标识符和唯一的信息体组成,应用服务单元的结构如图 4 所示。应用层包含工程实际需要的所有有用信息^[8,9]。

| | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|------|
| 应用服务数据单元 | 数据单元标识 | 数据单元类型 | 类型标识 | |
| | | | 可变结构限定词 | |
| | | 传送原因 | | |
| | 公共地址 | | | |
| | 信息体 | 信息体标识 | 功能类型 | 信息序号 |
| | | | 信息元素集 | |
| 信息体时标(任选) | | | | |

图4 用户数据结构组成

Fig 4 Composition of user data structure

103 规约描述了两种信息交换方法:一种方法是基于严格规定的应用服务数据单元(ASDUs)和标准化报文的传输应用过程方法,另一种是使用通用分类服务可以传输几乎所有可能信息的方法^[9]。除国内已经生产的继电保护设备可以在一段时间内使用专用范围外,新开发的产品必须采用兼容范围和通用分类服务^[10,11]。

2.2 103 规约模板的设计

根据标准 103 规约的数据选集,采用面向对象的方法设计以下规约参数类:传输帧格式(FT1.2)类、控制域 CTRL 类、类型标志 TYP 类、可变结构限定词 VSQ 类、传送原因 COT 类、广播地址类 ADDR、功能类型 FUN 类、信息序号 INF 类等。并把这些参数类抽象成一个统一的规约模板。用户可以借助一个配置工具按照抽象的规约模板的格式将某个厂家具体的某台设备的实际参数输入到实例化模板文件即配置文件 config.dat 中。然后将此配置文件提供给综合自动化系统的主站方,上述各规约对象通过读操作将配置文件的对应内容读入并初始化自己的相关参数值。

因为类型标识 TYP 类、传送原因 COT 类、功能类型 FUN 类和信息序号 INF 类等四个传输控制类被不同厂家具体实现时会有所差异,所以这四个参数类定义时统一预留了 10 个扩展位。没有必要列出全部专用范围的参数选集,这样会增加程序不必要的空间开销,减慢程序速度,使系统的实时性有所降低。可是比如许继的 103 在实现时基本采用专用范围,这时我们可以专门针对许继的产品,用类的继承和多态去扩充。

以信息序号 INF 类举例,代码如下:

```
class INF
```

```
{
public:
//读取参数值, m_path 配置文件存放路径
void read(CString m_path);
private:
//在控制方向:
//总召唤(查询)
BYTE INF_C_TOTAL_CALL_0;
//读所有被定义组的标题
BYTE INF_C_R_ALL_TEAMTITLE_240;
...
//扩展位
BYTE TBD;
...
//在监视方向上:
//总召唤结束
BYTE INF_M_EOGL_0;
//复位帧计数位
BYTE INF_M_RESET_FCB_2;
...
//扩展位
BYTE TBD;
...
}
```

2.3 103 规约模板的实现与应用

一台已经出厂的 103 设备,根据它的说明书里规约通信部分所列出的参数及其设定值,用户利用配置工具来生成配置文件。所以配置文件 config.dat 的生成是独立于 103 规约程序的。

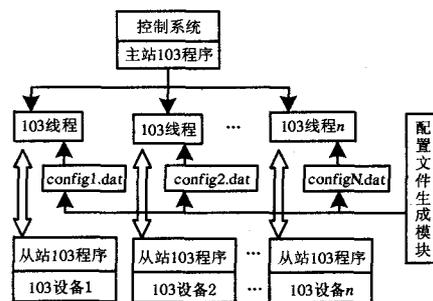


图 5 配置文件应用模型

Fig.5 Configuration files application model

综合自动化系统 103 规约程序主站方每搜索到一台新的 103 设备并与之建立链接后,就会生成一个新的相应的 103 线程与之通信,如图 5 所示。

用户只要把预先生成好的与此 103 设备相匹配的配置文件(拷贝到主程序所在目录下)提供给 103 线程,103 线程启动后会调用一个 DLL 读取 DAT 文

件中相应需要的参数。这样此 103 设备就可以与控制系统进行通信了。

2.4 103 规约模板的安全性实现

由于配置文件是独立生成后再手动提供给综合自动化系统规约程序主站方的,为防止由于意外断电而导致已配置好的配置文件丢失或者由于场站操作人员的误操作而修改配置文件的情况出现,对它采用序列化操作。

序列化是从固定存储介质中读和写一个对象的过程,例如磁盘文件^[12]。序列化一个对象需要三个要素:①一个描述数据文件的 CFile 对象;②一个提供序列化上下文的 CArchive 对象;③一个可以被序列化的对象。CArchive 允许以一个永久二进制(通常为磁盘存储)的形式保存一个对象的复杂网络,它可以在对象被删除时,还能永久保存。可以从永久存储中装载对象,在内存中重新构造它们。用 CArchive 的流操作<<和>>可以分别从存档即配置文件中读取和写入序列化信息即设备的匹配参数值。

配置文件 config.dat 采用 DAT 格式, DAT 文件是二进制文件,可以用来保存或者纪录一些长期要用到的重要数据,如果用文本编辑器打开,里面会是乱码而无法修改,有效地保护了数据的稳固性和安全性,所以我们采用 DAT 文件来保存模板参数序列化后的值;INI 文件也可用来保存软件的一些可选设置项目的设定值或者一些常用数据等,可是它实际上是文本文件,可以用文本编辑器打开,很容易误操作而修改里面的数据。

3 结束语

此模板的设计方便了使用同一标准规约的不同厂家的设备接入变电站综合自动化系统,使现场的调试与维护更加容易,也可避免因频繁修改规约程序接口而可能引入的程序 bug,从而减少了可能给系统带来的运行不稳定的因素。

通过对 103 规约模板的实现及其在我们自主设计的 DVP-9000 变电站综合自动化软件系统中的测试反馈来看,此模板有很好的实用性。

但从一个严格意义的产品的角度来看,这个模板还有需要改进的地方:①配置文件还是手动配置而生成,下一步要做成可以动态接收 103 设备的现场运行的实际参数,自动生成配置文件提供给 103 规约采集程序;②IEC61850 的应用和推广的大趋势不可逆转,在此模板的基础上要加深研究,使将来 103 设备与 61850 的参数配置转换上更加方便。

参考文献

- [1] 茹峰,夏成军,许扬. IEC61850 标准在变电站自动化系统中的应用探讨[J].江苏电机工程,2004,23(3):8-11.
RU Feng,XIA Cheng-jun,XU Yang.Study on the IEC 61850 Standard Applied to Substation Automation System[J].Jiangsu Electrical Engineering, 2004,23(3):8-11.
- [2] 杨剑锋,贺春. 规约应用中存在的问题及解决方法的探讨[J].继电器,2004,32(19):71-73.
YANG Jian-feng,HE Chun.Problems and Solutions in Protocol Implementation[M].Relay,2004,32(19):71-73.
- [3] 许继电气股份有限公司. 许继电气 103 通信规约 [EB/OL]. <http://www.800abc.cn/SoftDetail.aspx?ID=9645>.
XJ Electric Co.,Ltd.XJ Electric 103 Communication Protocol[EB/OL].
<http://www.800abc.cn/SoftDetail.aspx?ID=9645>.
- [4] 深圳南瑞科技有限公司.深圳南瑞 IEC-103 规约说明 [EB/OL].
<http://www.dt365.com/bbs/dispbbs.asp?BoardID=39&ID=2900&replyID=11560&skin=1>.
Shenzhen NARI Co.,Ltd. Shenzhen NARI IEC-103 Protocol Explanation[EB/OL].
<http://www.dt365.com/bbs/dispbbs.asp?BoardID=39&ID=2900&replyID=11560&skin=1>.
- [5] 南瑞继保电气有限公司. RCS-902A 微机保护通信说明 [EB/OL].http://www.nari-relays.com/Chinese/Support/File.aspx?File_no=12&FileType=Product.
Nari-Relays Electric Co.,Ltd.RCS-902A Device Protection Communication Explanation[EB/OL].
http://www.nari-relays.com/Chinese/Support/File.aspx?File_no=12&FileType=Product.
- [6] 张结. IEC61850 的狭义应用和广义应用[J].电力系统自动化,2005,29(10):92-95.
ZHANG Jie.Specialized and Generalized Application of IEC 61850[J].Automation of Electric Power Systems, 2005,29(10):92-95.
- [7] 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):31-33.
LI Hong-bo.Analysis and Implemented Scheme of Master-slave Protocols in Substation[J]. Telecommunications for Electric Power System,2004, (5):31-33.
- [8] 伍少成,朱学峰,骆华. 基于 Agent 技术的通信规约接口设计[J].电网技术,2006,30(10):100-103.
WU Shao-cheng,ZHU Xue-feng,LUO Hua.Design of Communication Protocol Implementation Interface Based on Agent Technology[J].Power System Technology, 2006,30(10):100-103.

(下转第 32 页 continued on page 32)

的 PR、TPY、TPZ 级互感器以及无铁心的光电互感器;还可以适当增大额定电流比或准确限值系数以此抵消剩磁带来的影响;另外,在继电保护装置中采取适当的抗饱和措施也是防止铁心由于剩磁而饱和从而影响继电保护装置性能的可行方法。对实际运行中的保护用电流互感器,在每次大扰动后应进行退磁。

参考文献

- [1] JJG313-94,测量用电流互感器检定规程[S]. JJG313-94,Inspecting Regulations for Measuring Current Transformers[S].
- [2] GB1208-1997,电流互感器[S]. GB1208-1997,Current Transformers[S].
- [3] GB16847-1997,保护用电流互感器暂态特性技术要求[S]. GB16847-1997,Requirements for Protective Current Transformers for Transient performance[S].
- [4] IEEE Std C37.110-1996,Guide for the Application of Current Transformer Used for Protective Relaying Purpose[S].
- [5] IEC 60044-1:1996,Current Transformers[S].
- [6] IEC 60044-8:2002,Electronic Current Transformers[S].
- [7] DL/T 866-2004,电流互感器和电压互感器选择及计算导则[S]. DL/T 866-2004,The Guide for Selection and Calculation of Current Transformers and Voltage Transformers[S].
- [8] 袁季修,盛和乐,吴聚业. 保护用电流互感器应用指南[M].北京:中国电力出版社,2004. YUAN Ji-xiu,SHENG He-le,WU-Ju-ye.User Guide for Protective Current Transformers[M].Beijing:China Electric Power Press,2004.
- [9] 袁季修,盛和乐. 电流互感器的暂态饱和及应用计算[J]. 继电器,2002, 30 (2):1-5. YUAN Ji-xiu,SHENG He-le.The Transient Saturation of Current Transformer and Its Application Calculation[J]. Relay, 2002, 30 (2):1-5.
- [10] 侯自存.剩磁对电流互感器暂态响应的影响及测定方法[J].变压器,1992, 29 (5):31-33. HOU Zhi-cun. The Effects of Remanent and Testing ZMethods for Transient Performance of Current Transformers[J].Transformer, 1992, 29 (5):31-33.
- [11] 王晓琪,郭克勤,姚敏,等.剩磁对电流互感器准确级的影响[J].变压器,1996, (6):5-9. WANG Xiao-qi,GUO Ke-qin,YAO Min, et al. The Effects of Remanent for Accuracy Class of Current Transformers[J].Transformer, 1996,(6):5-9.
- [12] 梁仕斌. 电流互感器复合误差的测量方法[J].继电器, 2005, 33 (18):79-83. LIANG Shi-bin.Measuring Methods of Composite Errors on Current Transformer[J].relay, 2005, 33 (18):79-83.
- [13] 束洪春,林敏. 电流互感器暂态数学建模及其仿真的比较研究[J].电网技术, 2003, 27 (4):11-26. SHU Hong-chun, LIN Min. Comparatice Study on Modeling and Transient Simulation of Current Transformer[J]. Power System Technology, 2003, 27(4):11-26.

收稿日期:2007-01-05;

修回日期:2007-07-20

作者简介:

梁仕斌(1974-),男,高级工程师,主要从事互感器试验及研究;E-mail:lsbp_box@163.com

文华(1964-),男,硕士,高级工程师,副院长,主要从事高电压技术方面的试验及研究工作;

曹敏(1961-),男,本科,高级工程师,主要从事计量、电气测量方面的试验及研究。

(上接第26页 continued from page 26)

- [9] 张丹涛,张永华,缪相林.基于 IEC60870-5-103 通信规约的通信流程研究及软件方案[J].电力系统通信,2005, 26(149):26-28.

ZHANG Dan-tao,ZHANG Yong-hua,MIAO Xiang-lin. Research and Software Design of Commucation Flow Based on 103 Transmission Protocols and Software Precept[J].Telecommunications for Electric Power System, 2005,26(149):26-28.

- [10] 孟祥萍,李颖,孟祥印. IEC 60870-5-103 规约的分析和应用[J].东北电力技术,2005,(2):20-22.

MENG Xiang-ping,LI Ying,MENG Xiang-yin. Analysis and Application for IEC 60870-5-103 Stipulations[J]. Northeast Electric Power Technology, 2005,(2):20-22.

- [11] DL/T667-1999 Idt IEC60870-5-103.1997[S].

- [12] Microsoft 公司. 译:希望图书创作室类库参考手册[M].

北京:北京希望电子出版社,1999.

Work:(U.S.) Microsoft Corporation.Translation:Hope Book Workroom). Microsoft Visual C++6.0 MFC Libraryreference (Microsoft Visual C++6.0 MFC Libraryreference Class Library Reference Manual[M]. Beijing:Beijing Hope Electronics Press,1991.

收稿日期:2007-05-10;

修回日期:2007-06-12

作者简介:

张艳林(1980-),男,硕士,主要研究方向为规约标准及变电站自动化系统的研究和开发;E-mail:linfeng0929@163.com

李绍滋(1963-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为人工智能与多媒体信息检索、网络多媒体及 CSCW 技术、软件体系结构与中间件技术、变电站自动化系统等。