

IEC61850 规约测试技术研究及应用

左群业, 张永利

(许继电气股份有限公司中试部, 河南 许昌 461000)

摘要: IEC61850 规约在变电站层的实现结构为客户端/服务器端模式, 文章在 IEC61850 标准的信息分层、面向对象的数据对象统一建模、数据自描述和抽象通信服务映射等概念的基础上, 提出了一种符合 IEC61850 标准的变电站内通信系统的测试框架模型。通过模拟应用层调用 IEC61850 的抽象通信服务接口 (ACSI 库), 设计了测试系统的架构, 实现了集成测试和系统测试, 测试了 IEC61850 服务到 MMS 的映射 (SCSM) 以及 IEC61850 对象空间的创建和操作。同时, 遵循面向对象建模和抽象服务映射的思想, 对变电站内测试软件系统的实现方法以及应注意的相关问题进行了讨论, 为变电站自动化系统的互操作性、可扩展性和高可靠性要求的实现提供了依据。

关键词: 规约测试; IEC61850; 测试框架; 映射; 软件测试

Study and application of IEC61850 protocol test technology

ZUO Qun-ye, ZHANG Yong-li

(Intermediate Test Dept of XJ Electric Co.,Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: The structure of IEC61850 protocol realized in substation layer is client/server mode. On the basis of the following concepts, namely layered information of IEC61850 standard, unified modeling of the object-oriented data, data self-description and abstract communication service mapping, this paper brings forward the test frame model of communication system in substation in accordance with IEC61850 standard. The test frame model can simulate application layer in order to call ACSI interface of IEC61850, realize integrated test and system test, and test SCSM and the construction and operation of object dimension. In addition, keeping to the mentality of the object-oriented modeling and abstract service mapping, this paper discusses on the realizing method of test system in substation and the relative problems which should be paid attention to. This study lays a foundation for meeting the substation automation systems' demand of co-operation, extensibility and high reliability.

Key words: protocol test; IEC61850; test frame; mapping; software test

中图分类号: TM73

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)02-0068-04

0 引言

IEC61850 (变电站通信网络和系统) 规约是关于下一代变电站自动化系统的一个完整的通信标准体系, IEC61850 具有如下特点: (1) 用面向对象的统一建模技术 (用 UML 描述变电站模型); (2) 采用分布、分层的结构体系; (3) 使用抽象通信服务接口 ACSI 和特殊通信服务映射 SCSM 技术, 61850 标准使用 ACSI 和 SCSM 技术, 解决了标准的稳定性与未来网络技术发展之间的矛盾, 即当网络技术发展时只要改动 SCSM, 而不需要修改 ACSI; (4) 抽象建模与具体实现的相互独立, 服务与通信网络相互独立, 适用于 TCP、OSI、TP 等多种传送协议; (5) 实现智能电子设备间的互操作性; (6) 提供自我描

述的数据对象及其服务; (7) 具有面向未来的、开放的体系结构, 能够定义其它领域的任何新的逻辑节点和公共数据, 例如风力发电站 WPP。所以 IEC61850 灵活性、复用性好。IEC61850 与 IEC60870 系列规约相比较, 有以下主要区别: (1) 以上所有标准均可为 SCADA 相关设备提供服务来交换基本实时信息 (比如: 单点状态和控制, 周期性和突发性报告, 查询等); (2) 只有 IEC61850 可以提供关于采样和跳闸命令的实时信息交换; (3) 大部分标准功能确定, 不可改变 (IEC 不同情况 101/103/104), 只有 IEC61850 支持更广泛的应用: 数据建模、自我描述服务、先进的通信模型和服务; (4) 有一些标准已广泛应用到实际中并有了大量产品 (IEC 101/103/104), 而 IEC61850 的产品不多; (5)

IEC61850 已成为 IEC 关于未来无缝通信体系结构的主推方案,其余标准会逐步向 IEC61850 过渡。

对于 IEC61850 的研究范围分布在变电站自动化系统的三个层次中,分别是过程层、间隔层和变电站层。目前进行的一致性测试及互操作性实验是在变电站层的研究和应用。

1 IEC61850 规约通信平台库代码测试框架研究及应用

1.1 函数接口测试(单元测试)系统:(从下向上的测试策略)

IEC61850 规约通信平台 C 语言版程序框架,利用 SISCO MMS-EASE Lite 代码库以及应用程序框架 MVL,采用分层式结构,就被测模块而言,自下向上分为 util、Model、Medium、acsi 4 层函数库,其中对 util、model、medium 层函数,由于函数输入参数类型有较多的相似,可以采用函数自动测试框架进行单元测试。对 acsi 层,为了确保上述代码库可以协同工作,有必要建立测试系统,对所有代码库进行集成测试。测试系统还对网络上传输的信息进行检验,以保证不同制造商 IED 之间的互操作性。测试系统使用 PC 机来模拟 IED。测试系统可主要用于:(1)验证客户端 ACSI 的请求信息是否可以完整地传输到服务器端 ACSI。(2)验证服务器端 ACSI 的返回信息是否可以完整地传输到客户端 ACSI。(3)验证网络上传输的二进制信息是否符合标准。对于(1)和(2),可以通过对客户端和服务器的输入输出信息进行比较;而对于(3),则必须截获网络上的二进制信息,并进行分析。测试系统框架如图 1 所示。

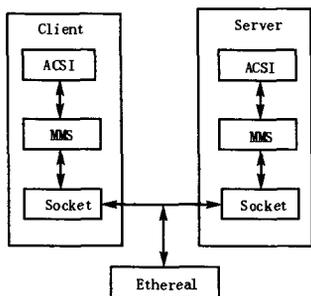


图 1 测试系统框架

Fig.1 Framework of the IEC61850 system

测试系统包括三个部分:

(1) Client 部分:调用 ACSI 客户端函数,设定函数请求信息,获得函数返回信息。请求信息依

次经过 ACSI、MMS 和 Socket,最终以二进制的形式传输到网络上,返回信息则刚好相反。(2) Server 部分:从网络上获取二进制信息,依次经过 Socket、MMS 和 ACSI,转换成 ACSI 函数的请求信息。调用 ACSI 服务器端函数,把函数返回信息以二进制形式传输到网络上。(3)Ethereal 部分:在函数调用时,获取网络上传输的信息,并对其进行分析。本研究中采用软件 Ethereal 来实现。Ethereal 是一个开放性的软件,能够自动获取网络上传输的信息,并可以把测试结果以详细的方式显示出来。

测试系统包括两个可执行程序:客户端程序 TestClient 和服务端程序 TestServer。TestClient 主要完成的功能是:通过代码库 acsi 依次调用 acsi 客户端函数,以函数返回参数和返回值来验证函数的有效性。数据流如图 2 所示。

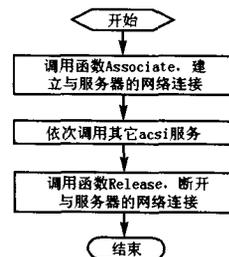


图 2 TestClient 流程图

Fig.2 Flow chart of TestClient

TestServer 主要完成的功能是:通过代码库 Medium 和 Model 来初始化 IED 的 IEC61850 对象空间,然后通过代码库 acsi 完成调用 acsi 服务器端函数,数据流如图 3 所示。

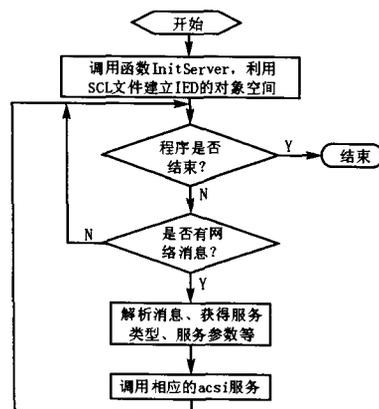


图 3 TestServer 流程图

Fig.3 Flow chart of TestServer

集成测试遵循“逐步”测试的方法,将整个测试过程分为如下两个阶段进行:(1)客户端程序和

服务器端程序运行在同一台 PC 机上。(2) 客户端程序和服务器端程序分别运行在不同的 PC 机上。只有在完成第一阶段的测试工作再进行第二阶段的测试工作, 这样可以有效地降低开发风险, 提高测试效率。由于第一阶段中没有使用任何网络, 所以无需使用 Ethereal 程序来获取网络上传的信息, 而在第二阶段中将使用 Ethereal 来截获网络信息并进行分析。

通过对比客户端 ACSI 函数与服务器端 ACSI 函数的输入输出信息, 测试系统可以验证: 代码库 Util、Model、Medium、ACSI 代码模块可以很好地协同工作。输入输出信息可以在客户端和服务器端完整地传输。如图 4 所示, 客户端 ACSI 函数的信息流 1 和服务器端 ACSI 函数的信息流 2 具有一致性。

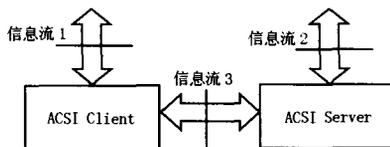


图 4 IEC61850 测试系统的测试结果

Fig.4 Results of the IEC61850 testing system

通过 MMS-Ethereal 截获网络上的二进制信息流, IEC61850 测试系统可以验证: ACSI 向 MMS 的映射符合 IEC61850-8 的定义。如图 4 所示, 信息流 3 是网络上传的二进制信息流。信息流 3 符合标准的规定, 从而可以保证实现互操作。

1.2 软件测试技术在 61850 测试中的具体应用

单元测试时首先进行函数代码审查, 一个是结合对 61850 规约的理解, 加深对被测函数的理解以有助于设计相应的测试用例, 另一方面可以发现一些明显的逻辑性错误和可能影响程序稳定性的代码缺陷 (例如: 指针类输入参数的必要的判空处理)。对于 Acsi 层同步、异步函数参数都一样, acsi 服务同步函数可直接在模拟应用层 (TestClient) 编写相应的测试函数, 对 acsi 服务异步函数在模拟应用层 (TestClient) 除了编写相应的测试函数, 还应编写相应的回调函数以单独处理服务响应结束后的程序行为。

要进行充分的单元测试, 应专门编写测试代码, 并与产品代码隔离。比较简单的办法是为产品工程建立对应的测试工程, 测试驱动函数的以静态 lib 库形式提供, 方便使用。为每个函数 (很简单

的除外) 建立测试函数。测试的目的是找错并最终排错, 因此, 只要是包含错误的可能性较大的函数都要测试, 跟函数是否私有没有关系, 测试用例设计。前面已经说了, 测试用例的核心是输入数据。预期输出是依据输入数据和程序功能来确定的, 也就是说, 对于某一程序, 输入数据确定了, 预期输出也就可以确定了, 至于生成/销毁被测试对象和运行测试的语句, 是所有测试用例都大同小异的, 因此, 我们讨论测试用例时, 只讨论输入数据。

前面说过, 输入数据主要包括: 参数、全局变量, 这两类数据中, 只要所测试的程序需要执行读操作的, 就要设定其初始值。显然, 把输入数据的所有可能取值都进行测试, 是不可能也是无意义的, 我们应该用一定的规则选择有代表性的数据作为输入数据, 主要有三种: 正常输入、边界输入、非法输入, 每种输入还可以分类, 也就是平常说的等价类法, 每类取一个数据作为输入数据, 如果测试通过, 可以肯定同类的其他输入也是可以通过的。下面举例说明:

正常输入。例如 IEC61850 的实现设计大量索引字符串的处理函数, 对字符串型参数的输入, 正常输入就是符合 IEC61850 7-3、7-4 等部分规定的字符串。

边界输入。对字符 (串) 型参数, 空字符串可以看作是边界输入, 另外字符串的长度限制也是一种边界。对数值型参数, 如一个表示控制值的参数, 它的有效范围是 0~256, 那么边界输入有两个: 0 和 256。

异常输入 (非法输入)。例如不符合 IEC61850 7-3、7-4 等部分规定的字符串。非法输入是正常取值范围以外的数据, 或使代码不能完成正常功能的输入, 如上例中表示年龄的参数, 小于 0 或大于 100 都是非法输入, 再如一个进行文件操作的函数, 非法输入有这么几类: 文件不存在; 目录不存在; 文件正在被其他程序打开; 权限错误。

如果函数使用了外部数据, 则正常输入是肯定会有的, 而边界输入和非法输入不是所有函数都有。一般情况下, 即使没有设计文档, 考虑以上三种输入也可以找出函数的基本功能点。

2 IEC61850 规约测试中常见问题和易混淆问题分析

1)关于 LD。在客户端读数据定义,读目录要求分两次,①Server;②LD,对象空间的内容就调过来,并建立。另外还保留要有读单个数据定义的服务。对于 getLDDirectory:按照目前实现的大模式测试:TestServer 返回 LD 下所有 ln、do 和 da 的 reference 而不是只传回 LN 的 name,初始化时都不用再调用 getLNDirectory 和 getDataDefinition 服务就可建立起对象空间了(上一个版本的目录服务大模式,由于客户端只建立到 DO,未到 DA,对象空间不能建立);按照小模式测试时应对收到的 reference 进行了过滤,只保留 ln 的 refence,然后此服务通过测试。且目录服务时,服务器上送的目录内容应适应含 LN\$FC 层,以及 LN\$FC\$DO 及以下各层的方式。

2)对于 LN 类模型的 GetLNDirectory 服务。若请求参数是 do name, TestServer 认为此服务映射到 mms 的命令及参数和 getLDDirectory 服务完全一样,只是在客户端的过滤有区别,只取相应的 ln 下的 do 的名字。按照这种处理,网络上将传输大量无用信息,并且对每个 LN 调用此服务返回的东西都是一样的,那么在初始化时只调用一次,然后解析出所有 ln 下的 do 的名称。若请求参数是 dataSet, TestServer 传过来 LD 下所有 dataSet 的名称,客户端需过滤,目前客户端处理有问题,将所有 dataSet 都过滤掉了。若请求参数是 RCBs, TestServer 定义的有 rcb 和 lcb、gocb,客户端都进行了正确处理。

3)文件目录应由 server 类模型的 GetServer Directory 服务获得,而不应由 file 类模型的服务获得。文件服务查文件列表时,支持文件名为*.* (SISCO 也支持),FileDirectory 参数为空或非文件名时,文件列表客户端也可查询到。

4) SCL 创建时,对 FCDA 定义的理解服务器认为其参引的最底层可到简单的 DAType。

3 结论

通过该测试驱动框架的创建及实际应用,能全面地测试验证 IEC61850 规约的 13 种类模型的 25 个服务,以及 IEC61850 对象模型的建立和操作。被测 IEC61850 通信接口库满足互操作性实验要求。

同时便于按照 IEC61850 第 10 部分一致性测试的要求,实现规约的自动测试,提高了规约测试的测试效率和测试全面性。

参考文献

- [1] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC61850 通信协议体系介绍和分析[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(8): 62-64.
REN Yan-ming, QIN Li-jun, YANG Qi-xun. Study on IEC61850 Communications Protocol Architecture[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(8): 62-64.
- [2] IEC61850, Communication Networks and System in Substations, Part 1 to Part 10 [S].
- [3] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. 变电站自动化系统中内部通信网的研究[J]. 电网技术, 2000, 24(5): 42-44.
REN Yan-ming, QIN Li-jun, YANG Qi-xun. Study on Communcation Network in Substation Automation System[J]. Power System Technology, 2000, 24(5): 42-44.
- [4] 黄益庄. 变电站综合自动化技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.
HUANG Yi-zhuang. The Technology of Substation Automation System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [5] 杨奇逊. 变电站综合自动化发展趋势[J]. 中国电机工程学报, 1996, 16(3): 145-146.
YANG Qi-xun. The Developing Tendency of Substation Automation System[J]. Proceedings of the CSEE, 1996, 16(3): 145-146.
- [6] 张结,卢德宏. IEC61850 的语义空间研究[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(11): 45-48.
ZHANG Jie, LU De-hong. Study on the Semantic Space of IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 45-48.

收稿日期: 2006-09-25; 修回日期: 2006-11-02

作者简介:

左群业(1975-), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要从事电力系统通信及变电站自动化产品开发与测试; E-mail: qunyez@xjgc.com

张永利(1977-), 女, 助理工程师, 大学本科, 主要从事电力系统综自产品测试工作。