

EPA 一致性与互操作性测试系统设计

田民杰¹, 冯冬芹², 应群民¹, 潘丽萍¹

(1. 浙江大学电气工程学院, 杭州 310027; 2. 浙江大学智能系统与控制研究所, 杭州 310027)

摘 要: 针对工业控制领域的开放性问题, 通过分析现场总线一致性与互操作性测试原理, 设计和实现一个 EPA 一致性与互操作性测试系统, 阐述该系统在功能、程序框架以及测试流程等方面的设计思想, 针对测试前的输入文件进行规范设计。利用该系统对基于 EPA 标准的产品进行一致性测试, 实验结果验证了该设计方案的可行性。

关键词: EPA 标准; 一致性测试; 互操作性测试

Design of EPA Conformance and Interoperability Test System

TIAN Min-jie¹, FENG Dong-qin², YING Qun-min¹, PAN Li-ping¹

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027;

2. Institute of Cyber-Systems and Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

【Abstract】 Aiming at the opening up problem in the field of industrial control, by analyzing the principles of conformance and interoperability test for field bus, this paper designs and implements an EPA conformance and interoperability test system, and expresses its design ideas in the function, procedures framework and test process. Input specification documents before test are designed. Consistency and interoperability test on the products based on EPA standard with the system verifies the feasibility of the design scheme.

【Key words】 EPA standard; conformance test; interoperability test

1 概述

目前, 开放性是现场总线技术和工业控制技术发展的方向和灵魂, 工业控制系统体系沿着开放性方向发展将是工业控制系统技术发展的大潮流。《用于工业测量与控制系统的 EPA 通信标准》(简称 EPA 标准)是我国第 1 个完全拥有自主知识产权并被国际电工委员会(IEC)认可的工业自动化领域国际标准, 随着 EPA 标准的推广, 用户对采用 EPA 标准协议的设备与设备之间、设备与控制系统之间无障碍地进行系统集成提出了新的要求, 同时对于复杂的开放性、一致性与互操作性测试提出了比较迫切的需求。因此, 为了保证基于 EPA 标准各产品的正确性和互连, 需要对基于 EPA 标准协议的设备进行产品的一致性和互操作性测试, 以充分保证 EPA 系统的可靠性和有效性^[1]。基于这种需求, 本文所设计的测试系统主要是实现测试 EPA 标准协议的测试平台, 通过执行一些测试案例来检验 EPA 协议的实现是否符合 EPA 标准, 以确保以后各个不同生产厂家的协议实现能够互操作。

2 一致性与互操作性测试原理

一致性测试是一种“功能测试”, 它依据一个协议的描述对协议的某个实现进行测试, 判别一个协议的实现与所对应的协议标准是否相一致; 互操作性测试是检查同种协议的不同实现之间的互连和互操作能力。一致性测试是互操作性测试的基础, 互操作性测试是一致性测试的补充^[2]。一个协议实现能否通过一致性和互操作性测试是在同一系统内它能否与其他实现成功互通的决定性保障。

一致性测试过程如图 1 所示, 大致可分为以下 4 个步骤:

(1)分析相应的标准, 找出并制定测试规范, 用于建立文档协议实现一致性声明 PICS。PICS 中包含测试系统实现的

能力、与被测实现(Implementation Under Test, IUT)及测试环境相关的所有信息等。

(2)基于 PICS, 生成一组抽象测试例(Abstract Test Case, ATC)的集合, 即抽象测试套(Abstract Test Suite, ATS)。

(3)根据 PICS 的部分参数和用户的手动选择, 将 ATC 筛选整理成可执行测试例(Executable Test Case, ETC), 并最终组合成可执行测试套(Executable Test Suite, ETS), ETS 是与测试平台密切相关的。

(4)对被测单元(Unit Under Test, UUT)执行 ETS, 测试结束后会生成一个“通过”或“失败”的报告。若“失败”, 意味着未能通过测试, 与标准不一致。

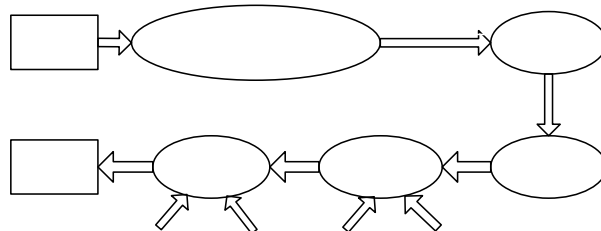


图 1 一致性测试过程

协议一致性测试不足以保证实现之间的互操作性。由于

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2006AA040301, 2007AA041301)

作者简介: 田民杰(1984—), 女, 硕士研究生, 主研方向: 工业以太网, 上位机系统; 冯冬芹, 教授; 应群民、潘丽萍, 副教授

收稿日期: 2010-01-30 **E-mail:** tmj1007@163.com

网络中的协议实现只有通过相互之间的信息交互才能共同完成复杂的协议行为，互操作性是协议实现最终应达到的要求之一，因此互操作性测试是协议一致性测试的重要补充。

总之，作为最基本的协议测试方法，一致性测试是互操作性测试的前提和基础，只有对通过了一致性测试的协议实现进行互操作性测试才有意义，反之，互操作性测试是一致性测试的重要补充，它们之间不是竞争的关系，而是相互补充的关系，它们使用户拥有高度的系统集成主动权，真正实现了系统的开放性。

3 测试系统功能设计

EPA 一致性与互操作性测试系统可分为被测系统和测试系统^[3-5]，结构如图 2 所示，被测系统包括 IUT 和上测试器代理(Upper Tester Agent, UTA)2 个部分，IUT 是基于 EPA 标准的一种实现，即 EPA 协议栈，这种实现将作为 EPA 实时控制系统的一部分，通过测试进行研究，UTA 是实现特定功能的用户程序，它通过接收相应的命令，与上位机测试系统配合对 IUT 进行测试。测试系统主要是下测试器 LT，即运行于测试 PC 上的一致性互操作性测试系统，该系统中包含了诸多元素，有静态文档、抽象测试套、可执行测试套等，下测试器通过 UTA 命令与 UTA 交互，通过 EPA 报文实现测试内容。

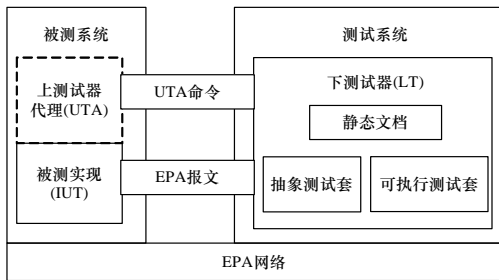


图 2 测试系统结构

EPA 标准一致性与互操作性测试系统从功能上可以分为信息管理功能、测试执行功能和测试评价功能，如图 3 所示。

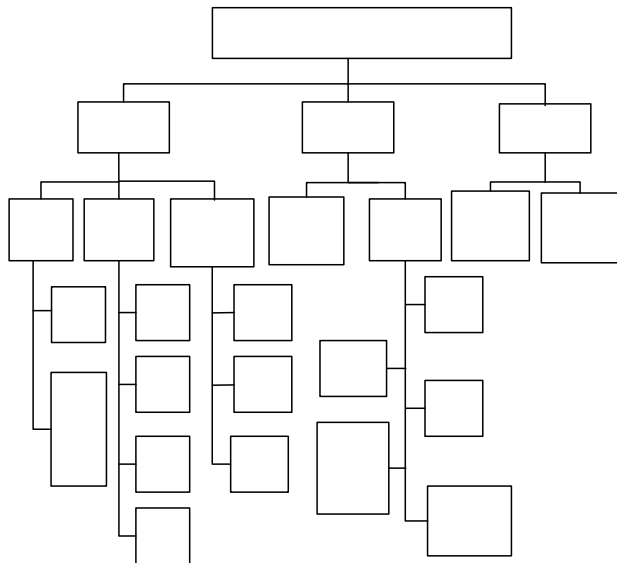


图 3 测试系统功能

3.1 信息管理

信息管理包括设备管理、案例管理和全局变量管理 3 个部分。

(1)设备管理模块的功能主要是实现创建测试项目后，系统自动监听上线和下线的设备，无需用户操作，即可在界面上查看上线的某个设备属性信息。

(2)案例管理模块的功能主要是对用户自定义案例进行管理，主要有浏览、编辑、保存和检错功能。

(3)全局变量管理模块的功能主要是对系统全局变量和用户自定义全局变量进行管理，包括浏览、添加和删除。

3.2 测试执行

测试执行包括静态文档解析和执行两部分功能：

(1)静态文档(即 PICS)是指用户描述自己被测设备属性和功能特征的文件，用以确定被测设备的可执行案例集。由于该文件的格式需严格依据测试规范，因此测试系统提供了一个生成静态文档的工具软件。

(2)执行是整个系统的主要功能，在测试系统中，用户可依据静态文档自动生成可执行测试案例集，并可再次对测试案例进行选择，根据用户的选择，系统动态地生成测试案例调度列表，用户可在该列表中查看测试案例的执行顺序。

3.3 测试评价

测试评价是对本次测试的被测设备的测试结果进行评价。测试结束后，系统会生成本次测试的测试报告，通过测试报告可以确定协议实现是否符合 EPA 标准。测试日志会对测试失败的部分作详细的记录，用户可通过该日志查询测试失败的原因。

4 测试系统硬件搭建

测试系统硬件环境如图 4 所示。

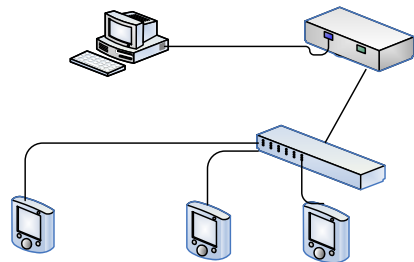


图 4 测试系统硬件环境

设备上电后，观察其是否正常工作，设置 PC 中用于连接到 EPA 网桥的网卡、连接到集线器的网卡、标准设备 1~14、被测设备、网桥的监控端口、测试端口的各 IP 地址。

EPA 一致性与互操作性测试的运行过程可简单概括为：标准设备是由 EPA 标准中心开发并且协议栈的行为属性符合 EPA 标准的 EPA I/O 设备；被测设备为不同厂家所生产的基于 EPA 标准的待测设备；上位机中包含了 EPA 一致性与互操作性测试系统，设备上电后，通过执行测试案例集测试被测设备并与标准设备进行比较，若测试未通过，说明被测设备不符合 EPA 标准。

5 测试系统总体设计

5.1 测试系统框架设计

EPA 一致性与互操作性测试系统从程序框架上可以分为：用户界面，设备管理模块，案例管理模块，案例编辑模块，全局变量管理模块，文档解析模块，日志模块，TCL 解析模块和 UTA 模块。系统的核心框架如图 5 所示。

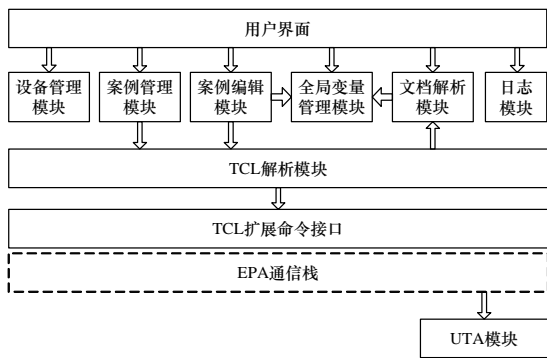


图5 系统核心框架

其中，设备管理模块、案例管理模块、全局变量管理模块、文档解析模块已在上文说明。用户界面模块的功能主要是提供友好的人机交互，并且显示设备的信息以及测试过程信息等。案例编辑模块的功能主要是完成对测试案例的编辑，同时实现简单的模板载入、语法高亮、进行简单的编译以及对用户自定义的测试案例进行保存。TCL解析模块主要完成两部分工作：(1)负责执行测试调度的可执行测试案例并将中间数据和测试结果回传给其他相关模块。(2)在测试案例编辑完成后，负责对案例代码进行错误的语法检查，并生成错误描述信息。日志模块提供日志文件、测试报告的生成及读取等功能，所有的日志信息和测试结果将被写成文件保存在硬盘中，并且随时可以读取并显示在界面上。UTA模块作为上位机测试模块在被测设备的协议栈上层所架设的测试代理，主要提供一些命令接口以供上位机测试模块调用，以此来控制协议栈做出相应的动作。

5.2 测试系统测试流程

一致性互操作性测试系统的整体测试流程如图6所示，可将其分为2个阶段：初始化和测试执行。

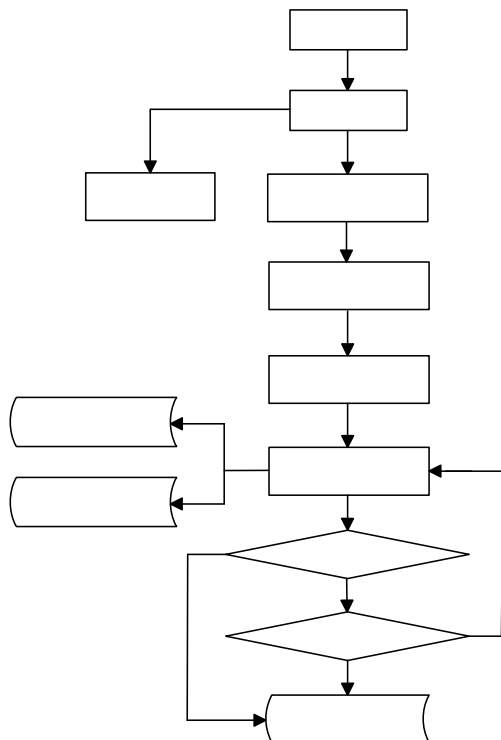


图6 系统测试流程

启动软件后，进入初始化阶段，用户进行新建工程操作后，系统对测试网络中的设备进行自动监听。在导入静态文档后，用户界面调用文档解析模块对静态文档进行解析，解析的结果用来定义系统全局变量、生成可执行测试案例集并创建测试案例执行调度列表。

用户启动测试后，软件进入测试执行阶段。系统启动测试，依照测试案例调度列表中案例的执行顺序依次执行各案例，部分测试案例使用UTA模块的对外接口。测试过程中，界面实时显示测试信息，并将错误信息记录到日志文件中。

5.3 静态文档的设计与解析

一致性互操作性测试系统是以PICS文档作为输入的，由于PICS的生成需要严格依照测试规范的格式，因此为了方便用户操作，设计了一个小型的EPA静态文档管理软件，使用户可以快捷地生成一份符合EPA标准的PICS。该软件系统分以下四部分实现：

(1)XML文件读/写模块

该模块主要实现静态的读/写功能。

(2)EPA标准规范验证模块

该模块主要是在读/写已有XML文件过程中对一些不符合EPA标准的非法信息进行过滤。

(3)文档管理模块

该模块作为底层数据和界面的中间层，一方面将界面操作后的信息组织处理并映射至下层做进一步处理；一方面将下层处理信息封装处理后反馈至界面；同时对界面操作中需要的一些业务或逻辑相关信息进行处理。

(4)用户界面

该模块作为与用户的操作接口，一方面提供给用户人性化的操作界面，另一方面实现与静态文档管理模块中间层的无缝连接。

6 结束语

随着基于EPA标准协议产品的应用和推广，EPA一致性与互操作性测试系统发挥了重要的作用。本文提出了测试系统的功能设计、硬件搭建以及总体设计3个方面的解决方案，目的是对一致性和互操作性测试原理进行验证，并为操作系统的详细设计提供总体思路。目前本文设计实现的软件已成功应用到基于EPA标准的相应产品测试中，运行状况良好。

参考文献

- [1] 冯冬芹, 金建祥, 褚健. 工业以太网关键技术初探[J]. 信息与控制, 2003, 32(3): 219-222.
- [2] Probert R L, Desjardins M M. Improving Quality and Interoperability of Protocol Implementations via Conformance Testing Standardization[C]//Proc. of International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation. [S. l.]: IEEE Press, 1990.
- [3] Miithlhouse M, Diedrich C, Riedl M, et al. Formalized Specification of a Test Tool for Safety Related Communication[C]//Proc. of ICC'07. [S. l.]: IEEE Press, 2007: 38-44.
- [4] International Standard Organization. IEC/PAS 62409-2005. Real-time Ethernet EPA[S]. 2005.
- [5] 国家质量技术监督局. GB/T 20171-2006. 用于工业测量与控制系统的EPA系统结构与通信规范[S]. 2006.

编辑 张帆