

# 基于 ATML 的自动测试系统软件体系结构

薛玉军<sup>1</sup>, 肖明清<sup>1</sup>, 杨召<sup>1</sup>, 喻芳<sup>2</sup>

(1.空军工程大学航空航天工程学院,陕西西安,710038;

2.中航工业江西洪都航空工业集团有限责任公司,江西南昌,330024)

**摘要** 为解决现有自动测试系统软件体系结构耦合紧密、层次划分不规范、开放性不高、可移植性和可重用性不强等问题,首先从框架和组件标准等方面对 ATML 体系结构进行了研究和分析,然后综合利用软件工程领域 SOA 与 Web Services 技术、B/S 结构的设计思想,提出了一种基于 ATML 的测试软件体系结构,并从逻辑视图、开发视图及进程视图 3 个角度对其进行建模和描述。在某型综合测试系统中,以该体系结构为基础开发了某型导弹的测试软件,经验证该软件在该综合测试系统中运行稳定可靠,较好地完成了某型导弹测试任务,具有层次化、模块化、松耦合和易移植等优点。

**关键词** ATS; ATML; 软件体系结构; SOA; Web Services

**DOI** 10.3969/j.issn.1009-3516.2014.05.005

**中图分类号** TP274 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2014)05-0021-04

## Research on Automatic Test System Software Architecture Based on ATML

XUE Yu-jun<sup>1</sup>, XIAO Ming-qing<sup>1</sup>, YANG Zhao<sup>1</sup>, YU Fang<sup>2</sup>

(1.Aeronautics and Astronautics Engineering College, Xi'an 710038, China;

2.AVIC Jiangxi Hongdu Aviation Industry Group Co.Ltd, Nanchang 330024, China)

**Abstract:** In order to solve the existing problems of ATS software architecture, such as tight coupling, unclear layer arrangement, weak openness, bad portability and reusability etc, the framework and component standards of automatic test markup language are discussed and analyzed firstly. And then, according to the idea of services oriented architecture, web services technology and the browser/server structure, the architecture of the ATML-based test software is built and described from logic view, develop view and process view. In a certain integrated test system, an automatic test software for a certain type of missile is developed based on the ATML software architecture. The result shows that the test software is stable and reliable in the missile test process, and has the characteristics of modularization, clear layers, loose coupling and good portability.

**Key words:** ATS; ATML; software architecture; SOA; web services

测试软件是 ATS(Automatic Test System, 自动测试系统)的灵魂,而软件体系结构决定了软件系

统的整体构成模式和框架<sup>[1]</sup>,是测试系统顶层设计的一个重要组成部分。研究自动测试系统软件体系

收稿日期:2014-03-28

作者简介:薛玉军(1989-),男,山西大同人,硕士生,主要从事武器系统检测与控制等研究.E-mail:xueyujun99@163.com

**引用格式:**薛玉军,肖明清,杨召,等.基于 ATML 的自动测试系统软件体系结构研究[J].空军工程大学学报:自然科学版,2014,15(5):21-24. XUE Yujun, XIAO Mingqing, YANG Zhao, et al. Research on automatic test system software architecture based on ATML[J]. Journal of air force engineering university: natural science edition, 2014, 15(5): 21-24.

结构可以改善 ATS 仪器的可互换能力、TPS (Test Program Set, 测试程序集) 可移植性和迁移能力, 提高 ATS 的通用性和开放性<sup>[2]</sup>, 缩短 ATS 开发周期, 降低 ATS 开发、维护费用, 从而缩减武器装备维护保障经费投入。

目前 ATS 软件主要有“面向仪器”和“面向信号”2 种体系结构。面向仪器的 ATS 测试软件中测试程序通过仪器驱动器对仪器进行控制和操作, 以满足 UUT (Unit Under Test, 被测对象) 的测试需求, 完成测试。但由于仪器种类繁多、测试程序与仪器控制软件接口耦合紧密及新仪器的不断出现, 使其不具有良好的 TPS 可移植性<sup>[3]</sup>, 难以满足测试软件通用化的要求。

面向信号的 ATS 测试软件基于 UUT 的测试需求和 ATS 的测试资源, 通过面向信号的测试语言, 将 UUT 的测试需求映射为对信号的激励/测量需求, 这个虚拟的需求通过语言编译器和平台的解释、定位, 映射到真实资源, 再驱动仪器完成测试任务<sup>[1]</sup>。面向信号的 ATS 软件测试程序不包含具体的硬件设备信息, 在编译过程中才导入相关的自动测试设备、适配器和测试资源等信息。当测试软件移植到其它平台上时, 只需导入新的硬件设备描述文件重新编译即可, 因而大大增强了测试程序的可移植性<sup>[4]</sup>。但是目前几种典型的面向信号的 ATS 测试软件体系结构各部分之间耦合紧密, 层次划分不规范, 对具体的操作系统和编程环境依赖性强, 软件体系结构的开放性差, 可重用性不强, 对多语言、诊断测试策略等的支持还需进一步加强<sup>[3]</sup>。

## 1 ATML 框架与组件标准

ATML (Automatic Test Markup Language, 自动测试标记语言) 是详细说明设计数据、测试策略及需求、测试流程、测试结果管理和测试执行等相关信息的一系列标准的集合<sup>[5]</sup>。

ATML 的体系结构主要包含 2 大部分: ATML 组件标准及 ATML 框架。ATML 组件是 ATML 体系结构的核心元素, 在 IEEE Std 1671-2010 标准中, SCC20 共定义了 10 个 ATML 组件, 每个组件包括 2 部分: ATML 组件标准和相应的 XML Schema (模式)。ATML 框架是一系列基于 XML 文档的数据对象集合, 它还描述了用计算机程序对其进行处理的方法<sup>[5]</sup>。

在测试系统中使用 ATML 标准和相关技术, 具有以下优势<sup>[4]</sup>: ①解决 TPS 的可移植性和互操作性问题; ②易于集成到现有测试系统中; ③简化测试

系统开发; ④改进测试系统的整体性能; ⑤降低测试系统的整体成本。

## 2 SOA 和 Web Services 技术在测试软件中的应用

SOA (Services Oriented Architecture, 面向服务架构) 是以分布式计算技术为基础的应用软件体系结构, 是设计、构建松散耦合软件系统的理想解决方案。Web Services 是实现 SOA 的多种技术之一, 由于具有平台无关性、松散耦合性、易集成性及自描述性等优点, 因此成为实现 SOA 的最佳方案。

如图 1 所示, SOA 体系结构中主要有 3 个角色, 它们在不同的服务实例中由不同的实体承担。在面向服务的测试软件系统中: Web 服务建立在开放标准和平台无关协议的基础之上, 它使用 WSDL (Web Services Definition Language, Web 服务描述语言) 描述服务, 通过 UDDI (Universal Description Discovery and Integration, 统一描述、发现和集成) 发布和查找服务, 并使用 SOAP (Simple Object Access Protocol, 简单对象访问协议) 执行服务调用。测试服务 (Test Service) 指的是以服务形式封装的测试业务, 服务描述需要符合 WSDL 规范; 服务请求大多由测试操作人员发起; 服务提供者主要指自动测试设备 (ATE); 服务代理者负责收集测试服务描述信息, 并向服务请求者返回测试服务调用。

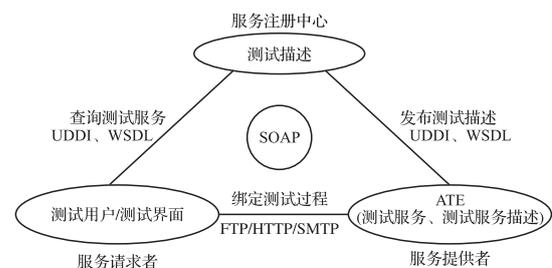


图 1 基于 SOA 和 Web Services 技术的测试软件模型

Fig.1 Test software model based on SOA and Web Services

在基于 SOA 和 Web Services 技术的测试软件模型中, 统一的 Web 服务规范屏蔽了不同测试平台之间的硬件差异, 并充分利用了 SOA 的松耦合、易维护和易扩展的特点, 这将大大降低 ATS 软硬件之间、软件内部之间的耦合度, 使提高互操作性和可移植性、促进测试信息共享成为现实。

## 3 基于 B/S 的测试软件层次结构

B/S (Browser/Server, 浏览器/服务器) 应用系统是一种 3 层结构模型, 主要由客户浏览器、Web

服务器或应用程序服务器以及数据库服务器组成,客户端不需要专门的软件,采用网页浏览工具访问服务器的 Web 地址,即可方便地获取系统提供的服务<sup>[6]</sup>,见图 2,基于 B/S 的测试软件包括测试用户层、Web 服务层、测试业务层和数据服务层。

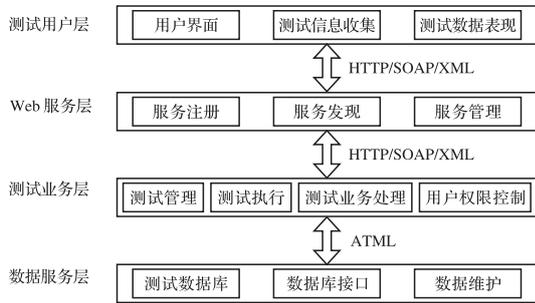


图 2 基于 B/S 的测试软件层次结构

Fig.2 Test software layer structure based on B/S

### 4 基于 ATML 的 ATS 测试软件体系结构

卡内基梅隆大学的 Philippe Kruchten 于 1995 年提出的“4+1”视图模型<sup>[7]</sup>,从逻辑视图、开发视图、进程视图、物理视图和场景视图多个角度(非全部必需)对软件体系结构进行建模与描述,该方法现在已经成为软件体系结构设计的标准<sup>[8]</sup>。本文以 ATML 测试信息框架为基础,综合利用 SOA、Web Services 技术及 B/S 结构的优点,借助 PowerDesigner 软件主要从逻辑视图、开发视图及进程视图 3 个方面,对基于 ATML 的测试软件体系结构进行建模和描述。

#### 4.1 测试软件的逻辑视图

逻辑视图主要用于描述系统的功能需求,即系统需要向用户提供的服务。在逻辑视图中,系统可以分解为一系列的功能抽象、功能分解与功能分析。对于测试软件,逻辑视图用来描述软件系统需要向测试开发人员、测试操作人员及被测对象等提供的功能,它直接体现了测试软件的开发目标,见图 3。

逻辑视图从 4 个层次体现了测试软件提供的功能,主要包括测试用户服务、Web 服务、测试业务及测试数据服务:

- 1)测试用户服务包括用户界面、测试信息收集功能及测试数据表现功能。
- 2)Web 服务中的服务管理、服务发现及服务目录 3 个功能相互配合,将测试软件中的各层进行统一协调和组织,完成 SOA 模型中服务请求者、服务注册中心及服务提供者的角色功能。
- 3)测试业务服务主要包括测试执行、测试业务

处理和用户权限管理。

4)测试数据服务提供具有存储功能的测试数据库和数据库接口以连接或操作数据库,并支持 ATML 测试数据的维护如复制、备份及更新。

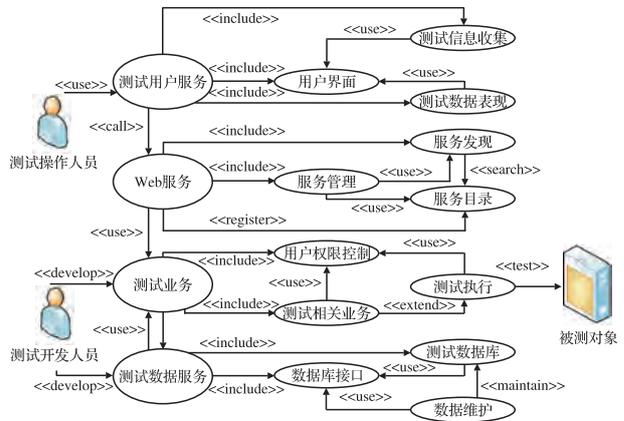


图 3 逻辑视图

Fig.3 Logic view

#### 4.2 测试软件的开发视图

开发视图主要用于描述软件模块的组织及管理形式,以指导编程人员对功能模块的具体实现。基于 ATML 的测试软件的开发视图见图 4,整个测试软件系统以 ATML 框架为基础,其中 STD(Signal and Test Definition Standard,信号与测试定义标准)信号描述基于 IEEE 1641 标准,它为面向信号的测试提供了标准信号库<sup>[9]</sup>。利用 ATML 公共资源组件及 STD 信号库进行测试信息的建模与描述,可以建立基于 ATML 的测试数据库系统(数据服务层);测试业务层是该框架的核心,它利用数据服务层提供的标准 ATML 测试信息实现测试业务;Web 服务层则将测试业务封装为服务,以标准的 Web Services 形式提供给测试用户层。

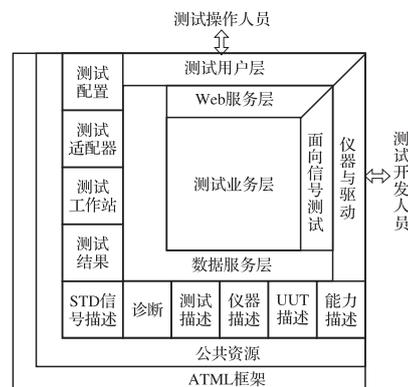


图 4 开发视图

Fig.4 Development view

在开发视图的指导下,测试操作人员通过标准的用户界面就可以执行测试并完成与测试相关的业务;测试开发人员可以专注于面向信号的测试开发和测试业务的实现,而不必过分关注如何与用户层

交互,对于数据服务层也只需掌握数据库接口函数的使用方法。

### 4.3 测试软件的进程视图

进程视图侧重于对系统的动态行为过程进行分析和描述,它反映了系统的运行特性。测试软件开发中最重要的环节之一就是测试执行的实现,以测试执行模块为例,通过建立进程视图来描述其动态过程,见图 5。

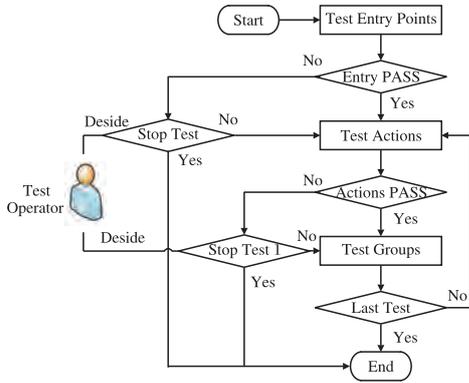


图 5 进程视图(测试执行模块)

Fig.5 Process view(test execution model)

在基于 ATML 的测试描述中<sup>[10]</sup>,元素 DetailedTestInformation 描述了详细的测试流程信息,其中 EntryPoints 子元素描述了测试程序的入口点,TestGroups 和 td:Actions 子元素共同描述了测试流程的具体内容,包括 ID 号、时间、条件、初始化/终止动作及结果。测试执行程序开始时,应该先解析 EntryPoints 元素,然后按 ID 顺序解析 TestGroups 和 Actions 元素,如果执行过程中发生错误或检测到某项参数不合格,将由测试操作人员决定是继续下一项测试还是终止测试。当所有测试项目执行完毕后,执行程序将自动终止并提示测试完成。

## 5 结语

本文首先针对现有“面向仪器”和“面向信号”的 ATS 软件体系结构的特点,从 ATML 框架、组件标准与信息模式等方面对 ATML 体系结构进行了研究,对基于 ATML 标准和相关技术开发测试系统的优势进行了分析;其次研究了 SOA 与 Web Services 技术、B/S 软件应用结构,最后综合利用 SOA 与 Web Services 技术、B/S 结构的优点,提出了一种基于 ATML 的测试软件体系结构,并主要从逻辑视图、开发视图及进程视图 3 个角度对其进行了建模与描述。以该体系结构为基础开发的测试软件,已在某型综合测试系统中得到应用。

### 参考文献(References):

[1] 卢慧卿,孟晨,王成. ATS 软件体系结构的研究[J]. 仪表技术,2010(1):58-60.  
 LU Huiqing, MENG Chen, WANG Cheng. Study on ATS software architecture[J]. Instrumentation technology, 2010 (1):58-60. (in Chinese)

[2] 吕晓峰,马羚,冯小南. ATS 软件平台的通用性研究与设计[J]. 计算机测量与控制. 2012, 20(2): 538-540.  
 LÜ Xiaofeng, MA Ling, FENG Xiaonan. Research and design of general ATS software platform[J]. Computer measurement & control, 2012, 20(2): 538-540. (in Chinese)

[3] 李宝安,李行善. 基于组件的自动测试系统(ATS)软件体系结构[J]. 电子测量与仪器学报,2002,16(4):74-78.  
 LI Baoan, LI Xingshan. Component-based ATS software architecture [J]. Journal of electronic measurement and Instrument, 2002, 16(4):74-78. (in Chinese)

[4] 路辉.自动测试系统测试描述语言[M].北京:机械工业出版社,2011.  
 LU Hui. Automatic test system test description language [M].Beijing: China machine press,2011.

[5] IEEE standards coordinating committee 20. IEEE Std 1671-2010. IEEE standard for automatic test markup language (ATML) for exchanging automatic test equipment and test Information via XML[S].New York: IEEE,2010.

[6] 刘福军,孟晨,孙香冰,等.开放式网络化自动测试系统体系结构研究[J].计算机测量与控制,2011,19(11):2603-2606.  
 LIU Fujun, MENG Chen, SUN Xiangbing, et al. Research on the architecture of the open networked automatic test system[J].Computer measurement & control, 2011, 19 (11): 2603-2606 .(in Chinese)

[7] Kruchten P. The 4+1 view model of architecture[J]. IEEE software,1995,12(6):42-50

[8] 刘福军,孟晨,王成,等.面向服务的 ATS 软件平台体系结构研究[J]. 计算机工程. 2012, 38(12): 62-65.  
 LIU Fujun, MENG Chen, WANG Cheng, et al. Research on service-oriented ATS software platform architecture [J]. Computer engineering, 2012, 38(12): 62-65. (in Chinese)

[9] IEEE standards coordinating committee 20. IEEE std 1641 TM-2010. IEEE standard for signal and test definition[S]. New York: IEEE press,2010.

[10] 胡建旺,刘斌斌.基于 ATML 的测试程序开发研究[J].测控技术,2012(11):80-83  
 HU Jianwang, LIU Binbin. Test program development based on ATML[J].Measurement & control technology,2012(11): 80-83.(in Chinese)

(编辑:徐敏)