基于 XML的自动测试系统资源描述方法

袁清峰 路 辉 沈士团

(北京航空航天大学 电子信息工程学院, 北京 100191)

摘 要: 针对当前自动测试系统 (ATS, Automatic Test System)信息共享和互操作能力差的问题,应用 XML (eXtensible Markup Language)语言实现了 ATS的模型化描述,模型化的信息包括测试设备、接口连接装置 ICA (Interface Connector Assembly)、测试适配器和被测设备 UUT(Unit Under Test). 对测试设备的性能和 UUT测试需求采用统一的信号与测试定义标准 STD (signal and test definition)进行描述,实现了测试设备性能与 UUT测试需求的自动匹配. 通过引入逻辑资源的概念对测试设备性能与仪器通道之间的动态映射关系进行描述,以实现测试过程中仪器资源的合理分配. 采用 XML作为 ATS的建模语言,提高了 ATS资源建模的开发效率和系统内信息的互操作程度.

关 键 词: 自动测试系统; 模型化; 可扩展标识语言; 仪器性能; 逻辑资源

中图分类号: TP 274

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2010)01-0114-04

Auto test system resource description method based on XML

Yuan Qingfeng Lu Hui Shen Shituan

(School of Electronics and Information Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: Aiming at the problems of information sharing and interoperability in ATS (automatic test system), XML (extensible markup language) was used for ATS modeling, including test equipment, ICA (interface connector assembly), test adapter and UUT (unit under test). Test equipment capabilities and UUT test requirements were described by unified STD (signal and test definition) standard, and automatically allocating available system resources to a given set of test requirements was achieved. Dynamic mapping relationships between test equipment capabilities and device physical ports were described by importing the concept of logical resource which is a logical entity that usually represents some internal capability of the instrument. The experimental result shows that adapting XML as ATS modeling language improves the development efficiency of ATS modeling and information interoperability degree.

Key words: ATS (automatic test system); modeling; XML (extensible markup language); instrument capabilities; logical resources

为提高机载设备维修现代化水平,自动测试系统 (ATS, Automatic Test System)的研究已成为世界各国军事装备发展的重点[1]. 随着电子技术的发展,机载设备的复杂程度日益提高,使得外场及内场检修和维护难度随之增加. 开发开放式通用 ATS,实现多级体制下的信息共享和互操作是解决上述问题的关键[2]. 随着软件工程和技术的发展,自动测试系统建模成为 ATS软件开发的重要前提,其建模方法决定了 ATS测试资源信息的共享和重用性.

目前应用比较广泛的建模方式有 2种: ①TEDL (Test Equipment Description Language)规范了对设备模型、配置模型、适配器模型的描述[3], TEDL采用的是类 ATLAS (Abbreviated Test

收稿日期: 2009-01-08

基金项目: "十一五"国防预研项目 (B0520060455)

作者简介: 袁清峰 (1981 -),男,山东费县人,博士生, yuanqingfeng@sina.com.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Language for All System)语言,因而需要专门的解析器,一般只适合在采用 ATLAS作为测试语言的平台上使用;②利用关系型数据库例如 SQL Server, Oracle, DB2等对 ATE (Automatic Test Equipment)进行建模,优势在于这些商用数据库比较成熟,具有一定的开放性,但是由于开发者建模方法不尽相同,造成了相同的信息在不同的测试系统间无法实现信息的共享.

测试信息的共享和可移植性,是美军制定的下一代自动测试系统的一个重要指标.可扩展标记语言 XML (eXtensible Markup Language)的出现为实现测试系统内部以及不同测试系统间的测试信息共享提供了可能. XML最大的特点就是将数据结构化,实现数据共享. XML作为一种标记语言,同时又是一种元语言,可以根据需要扩展为其他领域的标准标记语言.在美海军航空兵部队和 ATE工业部门的推动下, IEEE开始着手制定以 XML标准为基础的测试领域信息数据交换标准 ATML (Automatic Test Markup Language)[4].

本文针对目前 ATS建模技术方面的缺陷和不足,在完成某型直升机机载设备综合自动测试系统基于数据库模型化工作的基础上,深入研究 ATS建模方法,利用 XML语言实现了对仪器设备、测试适配器等 ATS资源和 UUT (Unit Under Test)的模型描述.

1　ATS模型总体框架

ATS模型一般包括仪器设备、ICA (Interface Connector Assembly), ITA (Interface Test Adapter)和适配器等测试资源信息模型和 UUT模型,如图 1所示[5].模型以数据库或者数据文件的形式实现,为 ATS软件提供资源检索与匹配服务并实现与其他系统的资源信息共享.

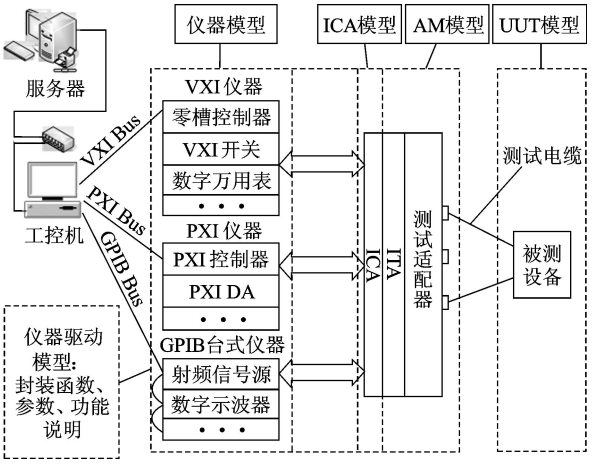


图 1　ATS模型总体框图

仪器设备模型主要描述了 ATE设备的标识和性能.在仪器设备模型中加入了与仪器性能相匹配的封装后的驱动函数信息,即驱动器模型.对仪器设备提供的驱动按照 IVI (Interchangeable Virtual Instrument)仪器类驱动的形式进行了封装,统一了仪器驱动函数接口.对于没有 IVI类规范的仪器,采用面向信号的类 IVI驱动封装.

ICA, ITA和适配器共同反映了 ATE接口连接器之间、ATE接口连接器与 UUT测试端口、UUT端口之间的连接关系.为了模型描述的便利性和统一性,将 ITA和适配器内部连接一并在适配器模型 AM (Adapter Model)中进行描述.

2　仪器设备模型描述

除了 ATS的结构设计,最能反映一个 ATS能力的就是它所包含的所有测试设备的性能,包括所能产生/测量的信号种类以及信号范围和精度等信息.所以仪器设备的建模是 ATS建模的重要基础.一方面,需要对仪器的信号性能及其对应通道进行描述;另一方面,仪器可能存在信号产生或者测量方面的限制,需要对信号与通道间的关系进行描述.由图 2看出,仪器信号性能与通道之间并不一定是唯一对应的.一个通道能够产生多种类型的信号,但不能同时产生;一种信号也可以由多个通道产生,这对测试需求与测试资源之间的分配造成影响;因此,引入"逻辑资源"的概念来实际映射仪器的信号性能与仪器通道间的约束关系,通过逻辑资源实现信号性能的合理动态分配.信号 *A*由通道 1产生的同时,不能同时满足信号 *B*也由通道 1输出,但是可以由通道 2产生,这些约束关系都是通过逻辑资源反映的,从而避免信号的分配冲突.

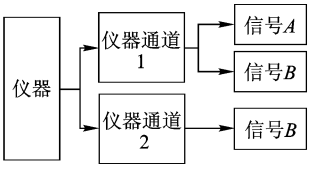


图 2　仪器通道与信号性能关系

2.1　仪器通道资源描述

仪器通道信息模型用来描述仪器实际的物理通道,物理通道一般分为 2种类型:一种是同轴型,例如示波器、射频信号源、任意波形发生器等;另一种是双端口型,例如万用表、D/A、电源等.同轴型的仪器其物理通道连接到 ICA的接口也是同轴型的,对于双端口型的仪器其通道连接到 ICA上对应 2个插针.因此,对这 2种端口类型采

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

用不同的方法进行描述,以便于建立激励/测量通路时所需开关路径的计算.定义某一4通道示波器的仪器通道(同轴型)和万用表电压和电流测量2个通道(双端口型),其XML描述如下:

```
< Interface >                    < Interface >
  < Ports >                        < Ports >
    < Port name = "CH1" / >          < Port name = "Hi" / >
    < Port name = "CH2" / >          < Port name = "Lo" / >
    < Port name = "CH3" / >          < Port name = "In" / >
    < Port name = "CH4" / >          < Port name = "Gnd" / >
  < / Ports >                      < / Ports >
< / Interface >                  < / Interface >
```

2.2 仪器信号性能描述

针对仪器性能的描述,采用IEEE1641信号与测试定义标准(STD, Signal and Test Definition),STD标准定义了信号的标准化描述,并推荐XML作为其描述语言[6],这为利用XML语言对仪器性能进行建模提供了条件.

对仪器性能描述时,定义一个包含仪器所有信号性能的集合 $M = \{S_i \mid i = 1, 2, \cdots, N\}$,对集合中的每个信号 S_i 分别进行描述,并指定唯一的名称.同时对每种信号指定了一个逻辑端口,用来与逻辑资源端口形成映射.下面代码是一个任意波形发生器产生正弦波信号性能的XML描述片段,其中,Capabilities元素为仪器信号性能集合,每个Capability是其子元素分别描述独立的信号性能.

```
< Capabilities >
  < Capability name = " sinewave" >
      < Description >
        < Signal name = " sinewaveSignal" Out = "
sineWave" >
          < Sinusoid name = " sineWave"
          frequency = " 10 kHz range 1 kHz to 10MHz
errlmt 0. 1Hz res 1Hz"
          amplitude = " trms 1V range 10μV to 1V
          errlmt 0. 1% range 1 V to 10 V errlmt
1% " / >
        < / Signal >
      < /Description >
      < Interface >
        < Ports >
          < Port name = " sineWave" / >
        < / Ports >
      < / Interface >
  < /Capability >
< /Capabilities >
```

2.3 逻辑资源描述

上述信号性能都是静态的描述,为了反映它们之间的关联约束关系以实现系统运行时仪器资源的合理调度分配,引入了逻辑资源的概念.逻辑资源是一个运行实体,代表了仪器性能的实际分配.逻辑资源用来描述仪器的信号性能与仪器通道的映射关系,通过映射关系描述并反映同一仪器产生的信号间的约束、依赖关系.在测试过程中当一个激励或者测量功能被使用时,相应的逻辑资源即被分配占用.

2.4 仪器性能、逻辑资源与仪器通道映射关系

一个仪器至少有一个逻辑资源,每种逻辑资源可与一个或多个信号性能相联系.多个逻辑资源也可以对应同一种信号性能,比如多通道示波器.所以,通过将逻辑资源及其端口映射到相应的信号性能的逻辑端口来定义给定的逻辑资源能够产生/测量一个或多个信号.在XML中通过定义CapbilityMap元素及其子元素Mapping和Map表达这种映射关系,部分描述代码如下所示.

```
< CapabilityMap >
  <Mapping >
    <Map name = "Map1" >
      < Path >
      / /Capabilities/Capability [ @ name = ' sine-
Wave ']
      / Interface / Ports / Port[ @name = 'sineWave ']
      < / Path >
      < Path >
      / /Resources/Resource[ @name = 'resource_1 ']
      / Interface / Ports / Port[ @name = 'P1 ']
      < / Path >
    < /Map >
  < /Mapping >
< /CapabilityMap >
```

通过增加Mapping元素可以将同一信号映射到多个逻辑资源,即多个逻辑资源都具有同时产生同一信号的能力,例如多通道的D/A可以同时输出相同类型的信号.通过在同一个Mapping元素里增加Map元素来描述一个信号的产生需要占用多个逻辑资源的情况比如一个直流电压源可以在多个端口输出低功率信号,但对于高功率信号只能在一个端口输出而禁止其它端口输出;如果一个逻辑资源可同时提供多种信号性能,比如电源输出通道提供电源信号的同时可以测量输出信号的电流值,通过增加Map的子元素Path实现一对多的映射.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

仪器信号性能、资源与仪器通道间的最常见的基本映射关系如图 3所示. 一个资源可以对应多种类型的信号,但是同一时间内只能产生 /测量其中一种;一种信号可以对应多个资源,即同一时间内可以产生 /测量多路此种信号. 逻辑资源与仪器通道间的映射,通常情况下是一个或多个逻辑资源对应一个仪器通道,当逻辑资源用来描述同步信号的产生 /测量时对应多个仪器通道.

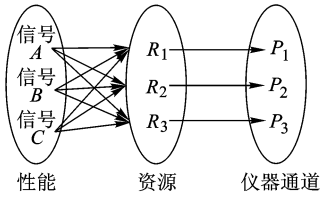


图 3　仪器信号性能、资源与通道映射关系

3　UUT模型描述

UUT模型是 ATS软硬件之间的重要接口,测试软件需要通过 UUT模型对被测设备进行匹配、测试和诊断. 因此,UUT模型要准确全面地反映被测设备的各种信息特别是测试需求信息.

UUT模型信息包括 UUT基本信息、UUT结构和测试需求信息. 一般机载设备都具有模块化的结构,从结构上可以把被测设备分为整机、外场可更换单元 LRU (Line Replaceable Unit)、内场可更换单元 SRU (Shop Replaceable Unit). 整机是 LRU的父部件,同时整机对外有其激励点和测量点;LRU和 SRU亦如此. 因此,UUT模型描述的是树形层次结构. XML作为一种层次化的标记语言,具有面向对象的特点,在描述具有模块化结构的 UUT信息和各部件关系上具有天然优势. 利用 XML语言可以准确简洁地完成以上信息的描述,基于 XML的 UUT描述部分模式结构见图 4. 对测

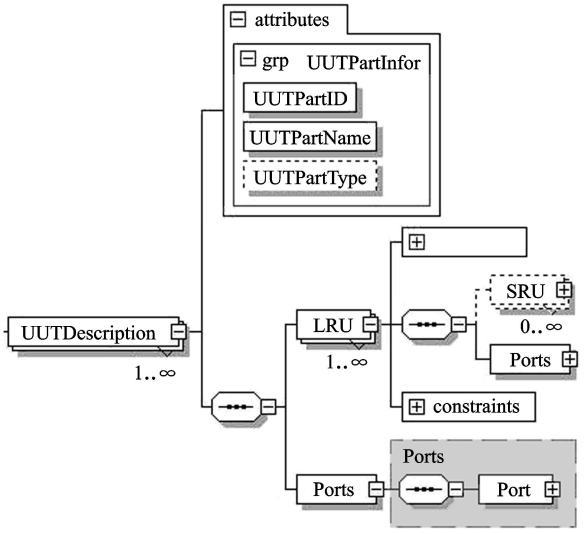


图 4　UUT模型 XML模式结构

点的信号描述遵循 STD信号定义方式,与仪器信号性能的描述方式一致,便于实现二者间的匹配.

4　ICA与 AM模型描述

ICA描述了 ATE系统所有已引出的激励 /测量仪器资源 (包括开关)与 ICA触点之间的连接关系. 适配器是连接 UUT与仪器设备端口的桥梁,AM模型描述了 ITA与 ICA触点间的连接关系、UUT与 ITA触点之间的连接关系以及 ITA内部之间的连接关系. 在测试程序运行时,根据 AM模型信息和 UUT测点信息可计算出 UUT与仪器通道的开关信息.

5　结 束 语

针对 ATS中存在的测试设备和测试信息的资源共享问题,提出并实现了基于 XML的 ATS建模方法. 对仪器的信号性能描述进行了详细的分析,完成了对仪器信号性能和仪器通道约束关系的描述,为测试时信号匹配提供了良好的机制. 本文研究的基于 XML的 ATS建模方法已在“十一五”国防预研项目中得到初步应用,结果表明,基于 XML的建模易于利用 STD标准中对信号的规范化描述,可扩展性好,可以实现系统间的互操作性,提高了 ATS资源信息的共享水平.

参考文献 (References)

[1] 张波,陈岩申,张桂芝. 外军电子自动测试系统及其相关技术的应用与发展情况研究 [J]. 计算机测量与控制, 2002, 10 (1): 1 - 4
Zhang Bo, Chen Yanshen, Zhang Guizhi. Research on automatic test equipment (ATE) and test technology of foreign army[J]. Computer Measurement & Control, 2002, 10 (1): 1 - 4 (in Chinese)

[2] 王国华,孟晓风,赵瑞贤. 通用 ATE测试资源信息模型 [J]. 测控技术, 2006, 25 (9): 44 - 47
Wang Guohua, Meng Xiaofeng, Zhao Ruixian. Resource information model of general purpose ATE[J]. Measurement and Control Technology, 2006, 25 (9): 44 - 47 (in Chinese)

[3] IEEE Std 993-1997 IEEE standard for test equipment description language (TEDL) [S]

[4] IEEE Std 1671-2006 IEEE trial - use standard for automatic test markup language (ATML) for exchanging automatic test equipment and test information via XML [S]

[5] 孙宝江,秦红磊,李洁,等. 机载设备自动测试系统通用开发平台 [J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33 (3): 327 - 331
Sun Baojiang, Qin Honglei, Li Jie, et al. General development platform for airborne equipments automatic test system[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007, 33 (3): 327 - 331 (in Chinese)

[6] IEEE Std 1641-2004 IEEE standard for signal and test definition (STD) [S]

(编　辑:娄　嘉)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net